

و.ن. لانگه

# مسایل هوش آزمائی در فیزیک تجربی



و.ن. لانگه

---

# مسایل هوش آزمائی در فیزیک تجربی

بنگاه نشریات "میر" مسکو

ترجمہ : س. والری

*На персидском языке*

© حق چاپ محفوظ و مخصوص

بنگاه نشریات « میر » است

۱۹۸۱

## پیشگفتار

درهر رشته ای از فعالیت اعم از علم یا فن ، صنعت یا کشاورزی ، کیهان نوردی یا پزشکی انسان همیشه با لزوم اندازه گیری این یا آن مقدار مواجه میشود - درجه حرارت هوا یا ارتفاع کوه ، حجم جسم یا سن یافته های دیرین شناسی و غیره . در بعضی موارد اندازه گیری های ضروری را میتوان با وسایل مخصوص مربوطه انجام داد . مثلاً " ابعاد جسم بوسیله متر فنی ، میکرومتر ، کولیس ، درجه گرما بوسیله دماسنج و جرم بوسیله ترازو تعیین میشود . در چنین مواردی اندازه گیری ها را مستقیم یا بلا واسطه گویند . و اما در بیشتر موارد لازم می آید که بجای اندازه گیری مستقیم مقدار مورد نظر ، مقداری بکلی دیگر اندازه گیری و بدنبال آن مقدار مورد نظراز فرمولهای مربوطه محاسبه شود . در اینصورت اندازه گیری را با واسطه گویند . مثلاً " برای تعیین چگالی ماده معمولاً " جرم و حجم یک جسم از این ماده را تعیین و سپس مقدار اولی را بر مقدار دومی تقسیم میکنند .

قاعدتاً " برای اندازه گیری مقادیر ، روشهای استاندارد مخصوصی برای این منظورتیه گردیده ، که مثالهای آن در بالا ذکر شده است ( اندازه گیری طول و چگالی ) . با وجود این ، مواردی پیش می آید که روشهای معمولی اندازه گیری نامناسب و حتی غیر ممکن از آب در می آید .

در نظرتان مجسم کنید که لازم آمد قطر لوله موئی \* نازک مثلاً " در

---

\* لوله موئی ( *Capillaire* ) بمعنی لوله بسیار نازکی ( بنازکی مو ) می باشد مانند مجرای جیوه در حرارت سنج یا لوله مکش خون در آزمایشگاه طبی و غیره . قیاس بر این ، در زبان علم و صنعت اصطلاح ترک موئی بمعنی ترک بسیار نازک ، مثلاً " در جسم قطعه فلزی ، بطور وسیع بکار می رود ( مترجم )

حرارت سنج طبی معمولی تعیین شود. مجرای لوله بقدری نازک است که نمیشود خط کش یا ابزار دیگری وارد آن کرد. وانگهی، خط کشی که در اختیارتان است وسیله‌ایست خیلی نادقیق از نظراین کار. پس چکار باید کرد؟ معلوم میشود که راه مناسب اینست که بجای اندازه‌گیری مستقیم لوله از اندازه‌گیری با واسطه استفاده شود، اتفاقاً "دراین زمینه میتوان بجای یک روش تعداد بشماری روشهای گوناگون پیشنهاد نمود. یکی از این روشها را بعد از آشنائی با حل مسئله شماره ۸۲ این کتاب خواهید شناخت. اندازه‌گیری چگالی نیز همیشه با کمک روشهای استاندارد ممکن نیست. واقعاً "هم اگر بخواهیم چگالی متوسط ماده یک سیاره را بدانیم فوراً" به اشکال برخورد خواهیم کرد چون نمیتوان آن را روی کفه ترازو گذاشت. آنوقت مجبور میشویم از طرق غیر مستقیم به هدف برسیم که دو طریق از این طرق مختلف در شرح حل مسائل شماره ۱۰۸ و ۱۱۲ توضیح داده شده است.

برای حل برخی مسائل که دراین مجموعه گنجانده شده پیشنهاد میشود از وسایل و اشیائی که ظاهراً "بهیچوجه مناسب نیستند استفاده شود. معهداً با کاربرد ماهرانه اشیای مزبور میتوان مسئله را حل کرد. و اگر از حل مسئله عاجز ماندید اول بفصل کمک مراجعه نمائید و فقط بعد از آنکه دوباره نتوانستید مسئله را حل کنید جوابهای آخر کتاب را نگاه کنید. همچنین در صورتیکه بدون هیچگونه کمکی نتوانستید مسئله را حل کنید جواب بدست‌آمده را چک کنید. ممکن است راه حل خودتان ساده‌تر و ظریف‌تر از آب در آمده باشد، در اینصورت لذت خاصی احساس خواهید کرد.

دراین مجموعه مسایلی نیز هست که مستلزم تعیین کمیتی هیچ مقادیری نیست. در اینگونه مسائل فقط لازم است روش انجام یک عمل پیشنهاد شود. مسائل اخیرالذکر با مسائل نوع اول این جنبه مشترک را دارند که یا موقعیت ابتدائی آنها یا مجموعه اشیای قابل استفاده جهت حل مسئله غیرعادی میباشد. ( باید اعتراف کرد که جنبه غیرعادی بعضی مسائل فقط ظاهری است چون، مثلاً، چگالی متوسط ماده کره زمین بهمان روشی که در جواب مسئله شماره ۱۱۲ توصیف میشود تعیین شده

است . )

باوجودیکه تمام مسائل جنبه تجربی دارد فقط این نکته مهم است که خواننده به راه حلی اشاره کند که از نظر اصولی صحیح باشد . در ضمن فرض میشود که ابزار و آلاتی که در متن مسائل ذکر شده است بینهایت دقیق میباشد و کاربرد وسایل کمکی مجاز است هرگاه عکس این دستور ذکر نشده باشد . منظور اینست که وقتی ، مثلا " ، در منزلتان هستید همیشه میتوانید یک لیوان یا یک قرقره نخ پیدا کنید یا آب از چاه یا شیرآب بگیرید و غیره .

دربعضی موارد با کمک وسایل پیشنهادی میتوان مقدار ضروری را فقط بطور تقریبی تعیین نمود ولی در بعضی مواقع نتایج تقریبی هم دارای ارزش زیاد میباشد . مثلا" در حال حاضر طول امواج نوری با دقتی شگفت‌انگیز اندازه‌گیری میشود ( یادآور میشویم که یک متر در سیستم بین‌المللی واحدها عبارتست از فاصله‌ایکه در محیط خلاء تعداد  $1650763/73$  موج از امواج طیف گاز گرانه‌مایه کریبتون یا ، دقیق‌تر ، ایزوتوپ آن با جرم اتمی ۸۶ را در خود جای میدهد) . با وجود این ، آزمایشات زمخت یانگ فیزیکدان انگلیسی که در سال ۱۸۰۲ بعمل آمد و در نتیجه آن طول امواج نور برای اولین بار تعیین شد از نظر اصولی اهمیت بسزائی داشت چونکه قبل از آن حتی مرتبه اینگونه مقادیر معلوم نبود .

بیشتر موقعیتهائی که بنا بر فرض مسئله برایتان پیش می‌آید یا در هوا بنظر میرسد و عملا" کمتر اتفاق می‌افتد . ولی پیش‌بینی همه موارد احتمالی امکان پذیر نیست بنابراین باید برای هرگونه موارد اضطراری و غیر منتظره آماده بود . آشنائی با تاریخ علوم بطور قانع کننده نشان میدهد چه بسا آزمایشگران دست به حيله زده‌اند و روشهای گوناگون غیرمستقیم واحیاناً" بسیار پیچیده‌ای جهت اندازه‌گیری مقادیر و پژوهش پدیده‌ها اختراع کرده‌اند . کافست بیاد بیاوریم که بارالکترون ، ترکیب شیمیائی ستاره‌ها ، ساختمان هسته‌ای اتم و غیره همانا با روش غیرمستقیم تعیین شده است . در همه این موارد ، قدرت تخیل که برای یک طبیعت شناس خصلت پرارزشی می‌باشد به دانشمندان کمک کرده است . برای شما نیز مفید خواهد بود استعداد مخترعی خود را روی مثالهای ساده آزمایش کنید تا در موارد

پیچیده‌تر دستپاچه نشوید . این کتاب که توجه شما را به آن جلب می‌کنیم تقریباً " شباهتی به مجموعه مسائل معمولی دبیرستان ندارد چون اغلب برای حل مسائل آن ، آگاهی از مباحث گوناگو فیزیک ضروری است . بنابراین ، نگارنده مسایل را برحسب موقعیتی که در آن مطرح می‌شود به چند بخش تقسیم نموده است . در هریخش ، مسایل ، بترتیب افزایش پیچیدگی ردیف شده است هرچند تصور نگارنده و خواننده از پیچیدگی مسایل بطور حتم یکسان نخواهد بود .

اغلب مسائل این کتاب توسط نگارنده تدوین شده و برای اولین بار بچاپ میرسد ولی برخی مسایل از نشریه‌های موجود اقتباس شده است . این کتاب در وهله اول برای دانش‌آموزان کلاسهای بالای دبیرستان‌ها که توشه قابل ملاحظه‌ای از معلومات فیزیک به‌همراه دارند در نظر گرفته شده است اما نوآموزان این علم جالب نیز خواهند توانست بسیاری از مسایل را حل کنند . چنین بنظر میرسد که این کتاب برای دبیرهم ممکن است مفید واقع شود مثلاً " در انتخاب مسایل جهت مسابقه مربوط به سرگرمیهای فیزیک دانش‌آموزان .

توصیه می‌شود در موقع حل بعضی مسایل ، از کتاب های راهنمای مقادیر فیزیکی استفاده کنید . بیشتر معلومات ضروری را میتوانید در کتابهای فیزیک دبیرستان پیدا کنید و در بعضی موارد ممکن است لازم شود به جداول جامع فیزیکی نیز مراجعه نمائید .

نگارنده

در محیط خانه

- ۱- به شما پیشنهاد کردند چگالی شکر را تعیین کنید. چطور میتوانید این کار را بکنید اگر فقط یک پیمانه خانگی و شکر در اختیارتان باشد.
- ۲- وزنه صد گرمی و خط کش مدرج در اختیارتان هست، چگونه میتوان بکمک این وسایل جرم یک جسم را تعیین نمود بشرطیکه با جرم وزنه تفاوت زیادی نداشته باشد. چکار باید کرد اگر بجای وزنه تعدادی سکه مسی\* در اختیارتان باشد.
- ۳- با استفاده از ترازو و مجموعه وزنه‌ها چگونه میتوان حجم یک قابلمه را تعیین کرد.
- ۴- یک لیوان استوانه‌ای شکل تا لب پر از مایع است. چگونه میتوان محتوی لیوان را به دوقسمت کاملاً "متساوی تقسیم نمود اگر یک ظرف دیگر هم در اختیارتان باشد، منتها با اندازه کوچکتر و بشکل دیگر.
- ۵- دو نفر دوست در بالکن خانه استراحت میکردند و از روی بیکاری باین موضوع فکر می‌کردند که چگونه میتوان فهمید، در قوطی کبریت کدام یکیشان تعداد کمتری کبریت مانده بدون اینکه قوطی‌ها را باز نمایند. شما چه روشی را می‌توانید پیشنهاد کنید؟
- ۶- چگونه میتوان بدون هیچ ابزاری مرکز ثقل یک چوب صاف را پیدا کرد.
- ۷- چگونه میتوان با کمک خط کش سفت (مثلاً "خط کش چوبی معمولی")

---

\* در شوروی سکه مسی اصطلاحی است شرطی چون سکه‌ها بجای مس خالص از آلیاژ آن تهیه می‌شوند ( مترجم )



قطر توپ فوتبال را تعیین کرد .

- ۸- چگونه میتوان با کمک یک پیمانه قطر گلوله کوچک را تعیین نمود .
- ۹- لازم است قطر یک سیم نسبتاً " نازک هرچه دقیقتر تعیین شود در صورتیکه فقط دفتر شطرنجی و مداد در اختیارتان باشد .
- ۱۰- جسمی در یک ظرف مستطیل پراز آب شناور است . با استفاده از یک عدد خط کش چگونه میتوان جرم جسم را تعیین نمود .
- ۱۱- با استفاده از میلء فولادی و پیمانه پراز آب چگونه میتوان چگالی چوب پنبه‌ای را تعیین کرد .
- ۱۲- شرح دهید چگالی چوب کوچکی را که در ظرف باریک استوانه‌ای شکل شناور است چگونه می توان تنها با استفاده از خط کش تعیین نمود .
- ۱۳- حجم فضای داخلی یک درپوش شیشه‌ای توخالی را بدون شکستن آن تعیین کنید . آیا با استفاده از ترازو ، مجموعه وزنه‌ها و ظرف پراز آب میتوان این کار را کرد .
- ۱۴- یک ورق آهن روی کف اطاق میخکوب شده و میلگرد چوبی سبک (عصا) و خط کش در اختیارتان هست . روشی جهت تعیین ضریب اصطکاک چوب و آهن پیدا کنید بشرطیکه فقط از وسایل نامبرده استفاده شود .
- ۱۵- در اطاقی هستید که با چراغ برق روشن شده است . از دو عدد عدسی همگرا کدام یکی نیروی بصری بیشتری دارد . راه حل مسئله را پیدا کنید بشرطیکه هیچ ابزار مخصوصی برای این کار در اختیارتان نباشد .
- ۱۶- دو عدد عدسی یکی همگرا و دیگری واگرا در اختیارتان هست . بدون توسل به هیچ ابزاری چگونه میتوان فهمید که نیروی بصری کدام یک بیشتر است .
- ۱۷- یک راهرو طولانی و بدون پنجره با یک عدد چراغ برق روشن شده است . چراغ را میتوان بوسیله کلید برق دم در ورودی خاموش و روشن کرد . برای کسانیکه بیرون میروند این کار باعث اشکال است چون مجبورند در تاریکی خود را به دم در برسانند . ضمناً اشخاصی که وارد راهرو شده و چراغ را روشن میکنند نیز ناراضی هستند زیرا بعد از طی کردن طول راهرو نمیتوانند چراغ را خاموش کنند و در نتیجه

چراغ بیهوده روشن میماند. آیا میتوان مدار برقی در نظر گرفت که امکان بدهد چراغ راهرو را از این یا آن انتهای راهرو خاموش و روشن کرد؟

۱۸- فرض کنید بشما پیشنهاد شده برای اندازه‌گیری ارتفاع خانه از قوطی کنسروخالی و ثانیه شمار استفاده نمایید. آیا از عهده این کار برمیآئید؟ شرح بدهید چکار باید کرد.

۱۹- چگونه میتوان سرعت جریان آب شیر را تعیین نمود در صورتیکه یک قوطی استوانه‌ای شکل، ثانیه شمار و کولیس در اختیارتان باشد؟

۲۰- فرض کنیم برایتان لازم آمد مخزن بزرگی را با حجم معلوم با کمک شلنگ دارای سرشلنگ استوانه‌ای شکل از آب پر کنید. شما میخواهید بدانید این کار خسته کننده چقدر طول میکشد. آیا میتوان طول این مدت را فقط با کمک خط‌کش تعیین نمود؟

۲۱- لازم است فشار هوای داخل توپ فوتبال بکمک ترازوی حساس و خط‌کش تعیین شود. چگونه میتوان این کار را انجام داد؟

۲۲- یک لامپ برق سوخته است. با کمک ظرف استوانه‌ای شکل‌پراز آب و خط‌کش مدرج چگونه میتوان فشار داخل لامپ را اندازه‌گیری کرد؟

۲۳- سعی کنید مسئله قبل را حل نمایید اگر استفاده از یک قابلمه پراز آب و ترازو با مجموعه وزنه‌ها مجاز باشد.

۲۴- در داخل یکلوله شیشه‌ای باریک که یک سرش بسته است مقداری هوا و بالای هوا ستونی از جیوه وجود دارد که آنرا از جو اطراف جدا کرده است. خط‌کشی با درجه‌بندی میلی‌متری نیز در اختیارتان هست. بکمک این وسایل فشار جو را تعیین کنید.

۲۵- از چه طریقی میتوان گرمای تبخیر آب را تعیین کرد در صورتیکه یخچال خانگی، قابلمه‌ای با گنجایش مجهول، ساعت و مشعل گاز با شعله آرام در اختیارتان باشد؟ فرض می‌شود که گرمای ویژه آب مقداریست معلوم.

۲۶- بیرون از خانه برف آمده اما هوای اطاق گرم است. متأسفانه در خانه وسیله‌ای جهت تعیین درجه حرارت یعنی دماسنج موجود نیست. در عوض یک باطری، ولت‌متر و آمپرتر خیلی دقیق، سیم مسی فراوان و

کتاب راهنمای مفصل فیزیک وجود دارد آیا با کمک این وسایل میتوان درجه حرارت هوای اطاق را تعیین نمود؟

۲۷- مسئله قبل را چطور میشود حل کرد اگر کتاب راهنمای فیزیک در دسترس نباشد، علاوه بر وسایل مذکور استفاده از اجاق برقی و قابلمه با آب مجاز باشد.

۲۸- دختر در حالیکه پدرش مشغول یادداشت کردن ارقام کنتور برق بود از او اجازه خواست برای گردش از خانه بیرون برود. پدر هم اجازه داد اما به دخترش گفت دقیقاً "یک ساعت دیگر به خانه برگردد. پدر چطور میتواند بدون استفاده از ساعت مدت گردش دخترش را کنترل کند؟

۲۹- مسئله شماره ۱۷ زودبزد در مجموعه‌های مختلف منتشر میشود لذا بخوبی بر همه معلوم است. اینک توجه شما را به مسئله مشابهی منتها کمی پیچیده‌تر جلب میکنیم. مداری را طرح کنید که بوسیله آن بتوان لامپ یا هرگونه وسیله برقی دیگری را که با برق شبکه کار میکند از تعداد دلخواه نقطه‌ها خاموش و روشن نمود.

۳۰- اگر یک مکعب چوبی را روی روکش پارچه‌ای صفحه‌گردان گرام، نزدیک محور آن، قراردسیم مکعب با صفحه گردان میچرخد ولی اگر فاصله مکعب با محور زیاد باشد از روی صفحه گرام پرت میشود. چگونه میتوان فقط با خط کش ضریب اصطکاک چوب و پارچه را تعیین نمود؟

۳۱- روشی جهت تعیین حجم اطاق در نظر بگیرید در صورتیکه یک نخ نازک نسبتاً بلند، ساعت و وزنه ترازو مدد کار شما باشد.

۳۲- در تدریس هنر موسیقی و باله، در تمرینات ورزشکاران و در بعضی موارد دیگر اغلب از وسیله‌ای بنام مترونوم استفاده میشود که با فاصله زمانی معین صدای کوتاه میکند. فاصله زمان بین دو ضربه (صدای) متوالی مترونوم از طریق بالا و پائین بردن وزنه کوچک روی میله مدرج نوسان کننده مخصوص تنظیم میگردد.

اگر میله مترونوم در کارخانه سازنده درجه بندی نشده باشد بکمک نخ، گلوله فولادی و مترفنی چگونه میشود آنرا برحسب ثانیه

درجه بندی کرد؟

۳۳- وزنه مترونومی را که میله آن درجه بندی نشده است ( مسئله قبل را نگاه کنید ) در وضعی قرار دهید که فاصله زمان بین دو ضربه متوالی برابر با یک ثانیه باشد. برای این منظور استفاده از نردبان بلند، یک تکه آجر و متر فنری مجاز است. این چیزها را چگونه باید بکار برد؟

۳۴- مکعب مستطیلی از چوب ساخته شده که طول ضلع بلند آن از طول دو ضلع دیگرش بمراتب بیشتر است. چگونه میتوان فقط بکمک خط کش ضریب اصطکاک آن را با سطح کف اطاق تعیین کرد؟

۳۵- دوگوی توخالی بوزن و حجم یکسان با رنگ یکسانی رنگ شده که از خراشیدن آن باید خودداری نمود. یکی از آلومینیم و دیگری از مس ساخته شده است.

ساده ترین راه تشخیص جنس هر گوی کدام است؟

۳۶- بکمک تیرچه محکم و یکپارچه دارای تقسیمات و قطعه سیم مسی نسبتاً " کلفت چگونه میتوان وزن یک جسم را تعیین کرد؟ استفاده از کتاب راهنمای مقادیر فیزیکی مجاز است.

۳۷- مطلوبست شعاع آئینه کروی ( یا شعاع انحنای عدسی مقعر ) بکمک ثانیه شمار و گلوله فولادی با شعاع معلوم تعیین شود. چگونه میتوان این کار را کرد؟

### در موقع گردش

۳۸- مردی و کودکی میخواهند از روی جوی آب عبور کنند- یکی از کناره راست بطرف کناره چپ و دیگری در جهت معکوس. درهر دو ساحل جوی تخته ای افتاده است و طول هر تخته کمی از فاصله بین دو ساحل کوتاهتر است. مرد و کودک چگونه میتوانند هر یک به ساحل دیگر بروند؟

- ۳۹- در بعضی موارد فقط با داشتن یک ثانیه شمار چگونه میتوان طول درخشش برق را از روی طول مدت رعد تعیین نمود؟
- ۴۰- ناقوسی به ستون آویزان است و دقیقاً با فاصله ۱ ثانیه آنرا میزنند. با مشاهده ضربات روی ناقوس و استماع صدای آن آیا میتوان سرعت انتشار صوت در هوا را تعیین نمود اگر اندازه گیری های ضروری فقط بکمک متر فنی انجام شود؟
- ۴۱- در یک روز آفتابی بکمک خط کش چگونه میتوانیم ارتفاع یک درخت را تعیین کنیم بدون اینکه از آن بالا برویم؟
- ۴۲- در بعضی شهرهای اتحاد شوروی سر چهارراه ها دستگاههای الکترنیکي مخصوصی نصب گردیده که بطور خودکار حداقل سرعتی را محاسبه و روی صفحه چراغانی نشان میدهند که رانندگان با رعایت آن بتوانند در موقع روشن بودن چراغ سبز به چهارراه بعدی برسند. اعداد صفحه معمولاً "بدینترتیب عوض میشود: اول ۴۵، بعد ۵۰ و ۵۵ و بالاخره ۶۰ کیلومتر در ساعت و سپس چراغ صفحه خاموش میشود چون سرعت بالاتر از ۶۰ کیلومتر در ساعت فقط در تعداد معدودی از خیابانها مجاز است.
- اگر سرچهارراه ایستاده و اعداد روی صفحه را بخوانیم چگونه می توانیم فقط بکمک ساعت فاصله تا چراغ راهنمایی چهارراه بعدی را تعیین کنیم؟
- ۴۳- در میدان یخ دو پسر بچه میخواهند مقایسه کنند که جرم بدن کدام یک از آنها بیشتر و چند برابر جرم دیگری است. آنها چگونه میتوانند فقط بکمک متر فنی به این هدف برسند؟
- ۴۴- شهنگام کنار رودخانه کوچکی ایستاده اید که در ساحل آنطرف تیری با چراغ قرار دارد. چطور میتوانید فاصله خودتان را با تیر چراغ و ارتفاع آنرا تعیین کنید در صورتیکه برای حل مسئله پیشنهاد شود از تیرچه چوبی و متر فنی استفاده نمائید؟
- ۴۵- سرعت اولیه گلوله هفت تیر اسباب بازی مطلوب است. فقط بکمک متر فنی چگونه میتوان این مسئله را حل کرد؟
- ۴۶- مسئله قبل را چگونه میتوان حل نمود اگر استفاده از ثانیه شمار بجای

مترفتری شرط باشد؟

۴۷- یک پسرپچه و یک دخترپچه توپ پرتاب میکنند . بکمک متر فتری چگونه میتوان تعیین کرد که سرعت توپ پسرپچه چند برابر سرعت توپ دخترپچه است؟

۴۸- شما میخواهید عرض رودخانه را با قدم اندازه بگیرید . بکمک یک ساقه گیاهی که در ساحل چیده‌اید چگونه میتوانید ( البته ، بطور تقریبی ) این کار را انجام دهید؟

۴۹- بمنظور تعیین جهت نصف‌النهار مغناطیسی پیشنهاد میشود از یک لیوان آب ، مقداری نشادر (  $NH_4Cl$  ) ، یک قطعه مفتول ، قیچی ، یک قرقره سیم‌سی ، صفحه کوچکی از فلز روی و چوب پنبه استفاده نمائید . بکمک اشیاء نامبرده چطور میتوان به هدف رسید؟

۵۰- در نظرتان مجسم‌کنید که برای تعیین ارتفاع یک برج ( یا یک ساختمان دیگر ) به شما نعلبکی با جیوه ، نقاله ، وزنه کوچک و نخ داده‌اند . آیا با دانستن ابعاد اعضای بدن خود میتوانید از عهده حل این مسئله برآئید؟

۵۱- بکمک گرم‌کن و قابلمه محتوی آب و دماسنج دقیق چگونه میتوان ارتفاع یک کوه را تعیین کرد؟

۵۲- مطلوبست تعیین شدت منبع نوری که نمیتوان بآن نزدیک شد . برای این منظور ابزاری بنام لوکس‌متر جهت اندازه‌گیری درجه روشنایی و مترفتری در اختیار شماست . آزمایشی را شرح دهید که این کار را امکان‌پذیر سازد .

۵۳- فرض کنید روی یک سکوی گردان ( مثلاً " روی " چرخ خنده‌ایکه " در بعضی پارک‌های استراحت موجود است ) قرار گرفته‌اید . دیوارهای گرداگرد سکو کشیده شده بطوریکه اشیای اطراف دیده نمیشود . شما میخواهید جهت چرخش سکو را بدانید . بکمک گلوله فولادی کوچک چگونه میتوان به این هدف رسید؟

## در کنار دریاچه

۵۴- بدون استفاده از هیچ ابزاری نشان دهید که ضریب کشش سطحی محلول صابون از آب کمتر است .

۵۵- در هوای آرام و بدون باد دو نفر دوست با دو قایق کاملاً " یکسان از نظر شکل و اندازه برای گردش به دریاچه رفتند . در موقع گردش خواستند در سرعت قایق رانی مسابقه بگذارند . بچه‌های اینک شرایط مسابقه کاملاً " یکسان باشد تصمیم گرفتند توشه خود را طوری تقسیم کنند که وزن قایق‌ها یکی باشد .

با استفاده از طنابی که برحسب اتفاق به‌همراه داشتند چگونه میتوانستند نیت خود را عملی سازند ؟

۵۶- قایق سوار میخواهد جرم قایق را تعیین کند . آیا میتواند این کار را بکند اگر جرم بدن خودش براو معلوم و بجز طناب بلندی هیچ چیز دیگری نداشته باشد ؟

۵۷- سیاحان از یک طرف دریاچه که محل اردوگاهشان بود بطرف مقابل رفتند و آنجا به ساعت نگاه کرده تصمیم گرفتند مختصر استراحتی بکنند . هوا آرام بود و برنامه مرکز رادیو اردوگاه بخوبی بگوششان میرسید وبا اینکه رادیو ترانزیستوری خود را خاموش کرده بودند توانستند آخرین اخبار را گوش کنند . بعد از این یکیشان اعلام کرد که فاصله آنجا با اردوگاه تقریباً ۳ کیلومتر است . آن شخص چگونه این مسافت را تعیین کرد ؟

۵۸- غواص قورباغه‌ای خواست عمق دریاچه را تعیین کند . متأسفانه بجز پیمانه استوانه‌ای مدرج هیچ وسیله‌ای همراهش نبود . معهذا غواص توانست به هدفش برسد . آیا می‌توانید بگوئید چگونه ؟

آیا میتوان این کار را انجام داد اگر پیمانه بجای استوانه‌ای مخروطی باشد ؟

۵۹- یک نفر ماهیگیر ضمن خرید نخ کاپرونی\* ماهیگیری در فروشگاه یادش رفت مقاومت نخ را بپرسد ولی بعد از مدتی تفکر راه تعیین آن بکمک وزنه یک کیلوئی و نقاله‌ای که برحسب اتفاق همراهش بود به نظرش رسید .

سعی کنید پی ببرید ماهیگیر چگونه توانست مسئله را حل کند .  
۶۰- آیا ماهیگیر میتواند مقاومت نخ ماهیگیری را بکمک وزنه یک کیلوئی و مترفنی تعیین کند ؟

۶۱- ماهیگیر تصمیم گرفت بکمک قطعه نخ ماهیگیری بطول و قطر معلوم ، وزنه کوچک و ثانیه شمار حد مقاومت جنس نخ را ( که نسبت نیروی کشش به مساحت مقطع عرضی ، مقاومت کشش نیز نامیده میشود ) محاسبه کند .

آزمایش جهت تعیین مقدار مورد نظر چگونه باید برگزار شود ؟  
۶۲- سنگی به آب آرام دریاچه پرت شد . بکمک خط کش یک متری و ثانیه شمار چگونه میتوان طول پرواز سنگ را تعیین نمود ؟

### در موقع مسافرت

۶۳- در هوای بی باد ، سرعت سقوط قطره‌های باران را از روی اثرات قطره‌ها روی شیشه پنجره واگن قطار در حال حرکت چگونه میتوان تعیین کرد ؟  
برای حل مسئله مجاز است فقط از ساعت و نقاله استفاده شود .  
۶۴- بکمک خط کش مقیاس‌دار ، سرعت قطره‌های باران را از روی اثرات آن

---

\* کاپرون نوعی پلاستیک مصنوعی است که در تولید الیاف مصنوعی نیز بکار میرود ( مترجم )



روی شیشه پنجره‌های جانبی اتومبیل در حال حرکت چگونه میتوان

تعیین کرد در صورتیکه هوایی باد باشد؟

۶۵- در موقع حرکت از ایستگاه، قطار عملاً " با شتابی تقریباً " ثابت

حرکت میکند. طریقه‌ای جهت تعیین مقدار شتاب در این موقع بکمک

نخ، وزنه ۱۰۰ گرمی و خط کش مقیاس‌دار بیاندیشید.

۶۶- مسئله قبل را چگونه میتوان حل کرد اگر بجای خط کش مقیاس‌دار از

نیروسنج یعنی ترازوی فنری دقیق استفاده شود؟

۶۷- مسئله شماره ۶۵ چگونه حل میشود اگر به آزمایشگر پیشنهاد شود

بجای خط کش مقیاس‌دار از نقاله استفاده کند؟

۶۸- در یکی از واگنهای موتوردار قطار برقی حومه شهر دور شمار دقیقی

جهت تعیین دور چرخ و دماسنج جهت اندازه‌گیری درجه حرارت

هوای بیرون نصب شده است.

بکمک این ابزار چگونه میتوان ضریب حرارتی انبساط خطی فلز چرخ

واگن را تعیین کرد؟

۶۹- در نظرتان مجسم کنید که با اتومبیل در قطعه افقی جاده حرکت

میکنید. تنها با استفاده از ابزار موجود در اتومبیل چگونه میتوان

ضریب مقاومت در برابر حرکت اتومبیل را تعیین نمود؟

۷۰- با داشتن نیروسنج و چوب چهارگوش مستقیم چگونه میتوان زاویه

شیب جاده را نسبت به افق تعیین نمود؟

۷۱- با استفاده از لامپ سیار موجود در مجموعه متعلقات یک اتومبیل،

قطعه سیم و قطب نما چگونه میتوان علامت قطبهای باطری اتومبیل را

تعیین نمود؟

۷۲- مسئله قبل را چگونه میتوان حل کرد اگر دو عدد هادی برق و یک

لیوان آب در اختیارتان باشد؟

۷۳- با داشتن دو عدد هادی برق مسی و یک عدد سیبزمینی خام چگونه

میتوان مسئله شماره ۷۱ را حل نمود؟

۷۴- از راننده اتومبیل تقاضا شد زاویه میل جاده را نسبت به افق تعیین کند . برای این منظور یک حلقه فلزی و یک ثانیه شمار به او دادند . راننده چگونه باید عمل کند ؟

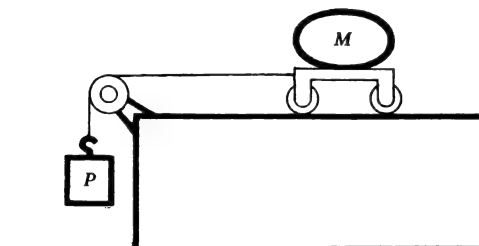
### درآزمایشگاه دبیرستان

۷۵- دو عدد آونگ در اختیار داریم که دوره تناوب یکی از آنها معلوم است . ساده ترین راه تعیین دوره تناوب آونگ دومی کدام است ؟

۷۶- از چند نوع کاغذ صافی لازم است آن نوع انتخاب شود که دارای خلل و فرج ریزتر می باشد . بدون استفاده از هیچ ابزاری چگونه میتوان این کار را کرد ؟

۷۷- دو شمش چهارگوش بظاهر یکسان در کشومیز قرار داشت . یکی از آهن نرم و دومی از فولاد مغناطیسی بود . چگونه میتوان آهن ربا را از آهن ساده تمیز داد در صورتیکه فقط از این دو شمش استفاده شود .

۷۸- یکی از دو شیشه آزمایشگاهی کروی شکل کاملاً " یکسان پراز آب و دومی پراز الکل است . سرشیشه ها ، کاملاً " بسته شده است . بکمک لامپ رومیزی و بدون بازکردن شیشه ها چگونه میتوان تشخیص داد در کدام یک آب و در کدام یک الکل است ؟



شکل (۱)

۷۹- بکمک وزنه‌ها، ثانیه‌شمار و دستگاهی که در شکل ۱ نمایش داده شده لازم است جرم جسم  $M$  تعیین شود. از چه راه ساده‌تری میتوان این کار را انجام داد؟

۸۰- دوسیم پیچ روی هسته آهنی مدار بسته‌ای سوار شده است. چگونه میتوان تعداد دور هریک را تعیین نمود در صورتیکه منبع جریان برق متناوب، قرقره سیم با پوشش عایق و ولت‌متر خیلی حساس با چند ردیف تقسیمات در دسترس باشد؟

۸۱- لازم است طول و جرم سیم مسی سیم‌پیچ یک مغناطیس برقی بدون بازکردن سیم‌های آن تعیین شود. آیا با داشتن منبع برق، ولت‌متر، آمپر‌متر و میکرومتر میتوان این کار را انجام داد؟

۸۲- بکمک خط‌کش، پیوار لاستیکی، ترازوی دقیق با مجموعه وزنه‌ها و یک قطره جیوه چگونه میتوان قطر داخلی یک لوله‌موئی شیشه‌ای همگن مثلاً "لوله موئی حرارت سنج معمولی را تعیین کرد؟

توضیح آنکه خط‌کش خیلی نادقیق‌تر از آنست که بتوان بمنظور اندازه‌گیری مستقیم قطر، از آن استفاده نمود.

۸۳- آزمایشگری برای اندازه‌گیری سرعت گلوله تفنگ، یک الکتروموتور با دور معلوم، دو عدد دیسک مقوایی، چسب، خط‌کش و نقاله در اختیار دارد.

او چگونه باید از این مجموعه اشیا استفاده نماید؟

۸۴- پیشنهاد میگردد وزن یک جسم بکمک سه پایه، فنر، خط‌کش و یک عدد وزنه بوزن معلوم تعیین شود. چگونه میتوان این کار را کرد؟

۸۵- تخته چوبی، چوب چهارگوش و خط‌کش در اختیار شماست. طریقه‌ای جهت تعیین ضریب اصطکاک چوب با چوب بیاندیشید بشرطیکه فقط از این اشیا استفاده گردد.

۸۶- بکمک نیروسنج چطور میتوان ضریب اصطکاک چوب چهارگوشی را با سطح شیب‌دار زیر آن تعیین نمود؟ شیب سطح ثابت است و چندان

زیاد نیست بطوریکه بدون اثر نیروی خارجی ، چوب از روی سطح  
بطرف پائین نمی‌لغزد .

۸۷- معمولاً " برای تعیین جرم اجسام از ترازو و مجموعه وزنه استفاده  
میشود . اگر ترازو نباشد چکار باید کرد؟ یکی از روشهای (توزین)  
جسم بدون ترازو در مسئله شماره ۷۹ بررسی شده است . حالا باید  
روش دیگری اختراع شود چون فقط یک وزنه موجود است و بجای  
دستگاه شکل ۱ پیشنهاد می‌گردد از یک کلاف ریسمان نازک ولی محکم ،  
بلوک سبک و ثانیه شمار استفاده شود .

۸۸- بکمک چراغ الکلی ، قوطی محتوی آب ، گرماسنج \* ، دماسنج و پیمانه  
چگونه میتوان جرم یک شمش فولادی کوچک را تعیین نمود؟ استفاده  
از کتاب راهنمای فیزیک مجاز است . جرم و جنس گرماسنج هم معلوم  
است .

۸۹- بکمک اشیای نامبرده در مسئله قبلی چگونه میتوان بطور تقریب  
درجه حرارت یک شمش فولادی خیلی داغ را تعیین نمود در صورتیکه  
دماسنج مذکور حداکثر تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد قابل استفاده باشد؟  
۹۰- یک باتری با نیروی الکتروموتوری و مقاومت داخلی مجهول ، آمپر-  
متر ، سیمهای رابط و دو مقاومت که یکی معلوم و دیگری مجهول است در  
اختیار داریم . مقدار مقاومت مجهول را چگونه می‌توان تعیین کرد ؟

۹۱- یک پیل " گرهنه " \*\* یعنی پیلی که الکترودهای آن از ذغال و روی  
است و مایع الکترولیت آن از اسید سولفوریک محلول در آب با  
مقداری بیکرومات پتاسیم ( ماده دیپولاریزه‌کننده ) است و همچنین  
یک ترازوی دقیق با مجموعه وزنه‌ها ، رئوستا یا مقاومت متغیر ، آمپر متر

---

\* گرماسنج ابزاریست جهت تعیین گرمای ویژه مواد ( مترجم )

\*\* نام مخترع پیل است ( مترجم )

خط کش، کتاب راهنمای فیزیک و نقشه جغرافیائی منطقه مسکونی شما در اختیارتان هست. بکمک اشیاء مذکور چگونه میتوانید سرعت متوسط رفت و برگشت دوست خودتان را با دوچرخه بین شهر و دهکده نزدیک آن تعیین نمائید؟

۹۲- مدار برقی پیچیده‌ای از تعدادی خازن یکسان تشکیل شده که دارای ظرفیت معلوم  $C$  بوده و بطور سری و موازی بهم وصل شده‌اند. اول ظرفیت این مجموعه خازن‌ها را بطریق نظری محاسبه کردند. بخاطر پیچیدگی مدار طبیعی است اگر مقدار نظری ظرفیت از طریق آزمایش تحقیق شود. برای این منظور پیشنهاد میشود از تعدادی مقاومت‌های یکسان، ولتمتر، آمپر متر و باطری استفاده شود. چکار باید کرد؟

۹۳- بکمک یک کلاف سیم مسی، ترازوئی با مجموعه وزنه‌ها، باطری، ولتمتر، آمپر متر و کتاب راهنمای فیزیک چگونه میتوان حجم اطاق درس را تعیین نمود؟

۹۴- طریقه ای جهت تعیین حجم اطاق درس بیندیشید اگر از اشیای ذکر شده در مسئله قبل میتوان فقط از کلاف سیم و مجموعه وزنه‌ها استفاده کرد

۹۵- یک دیپازن ساخته شده از اینوار (آلیاژی با ضریب انبساط حرارتی ناچیز) دارای فرکانس ۴۴۰ هرتز میباشد که عملاً "به درجه حرارت بستگی ندارد". لوله ارگ نیز در صفر درجه سانتیگراد ۴۴۰ بار در ثانیه نوسان دارد و طول لوله با تغییر درجه حرارت تغییر نمیکند. با شمارش تعداد ضربه‌های نوسانی بین دیپازن و لوله ارگ چطور میتوان درجه حرارت هوای آزمایشگاه را تعیین نمود؟

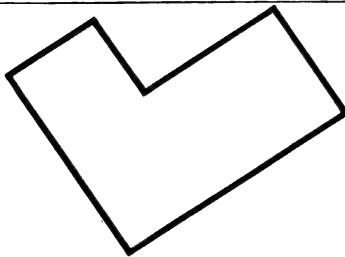
۹۶- بدون استفاده از هیچ ابزار یا جسم دیگری چگونه میتوان فهمید که آیا اره فولادی مغناطیسی شده است یا نه؟

۹۷- طریقه‌ای جهت تعیین مساحت صفحه متجانس دارای شکل غیر منظم بکمک مثلث مدرج ، قیچی و ترازوئی با مجموعه وزنه ها پیشنهاد کنید .

۹۸- ظرفی با مقداری ماده مذاب و یک تکه از همان ماده در حالت جامد داده شده است . بدون منتظر شدن انجماد ماده مذاب چگونه میتوان

پیش‌بینی کرد که در موقع انجماد جسم مذاب چه رخ خواهد داد؟

۹۹- فقط با کمک خط کش فاقد تقسیمات چگونه میتوان مرکز ثقل یک صفحه متجانس قائم الزاویه ( شکل ۲ ) را تعیین نمود؟



شکل ( ۲ )

۱۰۰- با کمک یک آهن‌ربای قوی ( که بهتر است بشکل نعل باشد ) چگونه میتوان تشخیص داد که لامپ برق از جریان برق مستقیم یا متناوب تغذیه میشود .

۱۰۱- روی یک وات‌متر ( وسیله مخصوص اندازه‌گیری توان مصرف برق دستگاههای برق ) دو جفت محل اتصال دارد که دو سیم‌پیچ وات متر به آنها وصل شده است - یکی سیم‌پیچ شدت جریان که بطور سری به دستگاه وصل شده و لذا مقاومتش کم است و دیگری سیم‌پیچ فشارجریان که بطور موازی وصل شده است . علامتهای کنار محل اتصال وات‌متر از بین رفته است . آیا بدون باز کردن وسیله میتوان بکمک دو هادی برق و یک چراغ قوه جیبی تعیین کرد کدام سیم‌پیچ

به کدام محل اتصال وصل شده است؟

۱۰۲- بکمک ولت‌متر چگونه میتوان تعیین کرد که منبع برق خط دو سیمی انتقال برق در کدام طرف است؟

۱۰۳- تراشکار کم تجربه‌ای تعدادی قطعه اشتباهی تراشکاری نمود که در نتیجه وزن هر قطعه ۱۰ گرم کمتر از وزن مورد نظر از کار درآمد. قبل از ارسال برای ذوب مجدد، قطعات اشتباهی در جعبه‌ای کنار ۹ جعبه عین همان جعبه منتها محتوی قطعات بی نقص و دارای وزن صحیح در انبار نگهداری شد.

انباردار فراموشکار فراموش کرد قطعات اسقاط در کدام جعبه است. البته این موضوع را با سانی میتوان از طریق توزین یک قطعه از هر جعبه روشن کرد ولی ممکن است نوبت توزین قطعه اسقاط بعد از قطعات سالم برسد و آنگاه لازم شود عمل توزین ۹ دفعه تکرار گردد (توزین قطعه از جعبه دهم واجب نیست چون اگر قطعات اسقاط در ۹ جعبه اول نباشد حتما در آخرین جعبه است).

ضمناً متصدی انبارآمد و گفت که برای پیدا کردن جعبه مورد نظر یک مرتبه توزین کافی است.

پس انباردار بچه طریقی باید عمل کند؟

۱۰۴- قطعه‌ای در سه نظام دستگاه تراش بسته شده و میچرخد. بدون متوقف کردن دستگاه چگونه میتوان سطح قطعه را بازدید کرد؟

۱۰۵- الکتروموتور کلکتوری جریان متناوب با تحریک سری از طریق رئوستا (مقاومت متغیر) به شبکه برق وصل شده بطوریکه دور آن را میتوان بطور ملایم تغییر داد.

با در اختیار داشتن لامپ نئون، پرگار، خط‌کش، مداد، چسب، قیچی و یک ورق مقوا چگونه میتوان موتور را برای دورهای زیر تنظیم کرد:

الف ( ۲۵۰ دور در دقیقه ، ب ) ۱۵۰۰ دور در دقیقه؟

۱۰۶- فضاوردی که پا به فضای اطراف سفینه گذاشته می‌خواهد به سفینه برگردد. در روی زمین این کار اشکالی ندارد، کافی است آدم بطور ساده قدم بردارد ولی در فضا همه کارها پیچیده‌تر است چون تکیه‌گاهی برای پا وجود ندارد. پس فضاورد چگونه میتواند از جا تکان بخورد؟

۱۰۷- برای تعیین جرم اجسام از ترازوی اهرمی و یا از ترازوی فنری استفاده میشود. بنظر میرسد که در شرایط بی‌وزنی مثلاً "در ماهواره کوچک زمین یا در سفینه‌فضائی که با موتورهای خاموش در حرکت باشد هر دو نوع ترازو نمیتوانند کار کنند. با وجود این، اگر به شما پیشنهاد میکردند بکمک ترازو جرم یک جسم را تعیین کنید چکار میکردید؟

برای اینکار از کدام ترازو - اهرمی یا فنری- و بچه طریق باید استفاده کرد؟

۱۰۸- سفینه فضائی به یک سیاره ناشناس نزدیک شد و با خاموش کردن موتورها در مدار دایره‌ای قرار گرفت. فضاوردان مشغول پژوهشهای اولیه شدند. آیا آنها میتوانند چگالی متوسط ماده سیاره را فقط بکمک ساعت تعیین کنند؟

۱۰۹- فضاوردان برای تعیین شتاب ثقل سیاره جدید الکتشاف از طریق آزمایش تصمیم گرفتند از اشیای زیر استفاده کنند:

گلوله فولادی، لامپ قوی، الکتروموتور با دور ثابت و معلوم، دیسک مقوایی با شیار باریک شعاعی که روی محور الکتروموتور سوار است، یک قطعه پارچه مشکی، خط کش مدرج و دوربین عکاسی با فیلم خیلی حساس.

برای حل این مسئله چگونه باید از اشیای نامبرده استفاده کرد؟

۱۱۰- بکمک وزنه با وزن معلوم و ترازوی فنری یعنی نیروسنج چگونه میتوان مسئله قبل را حل کرد؟



۱۱۱- فزانوردان با موشك فضاى به سياره‌اى رسيدند و تصميم گرفتند جرم آن را تعيين كنند. آنها براى اين منظور از ترازوى فنرى و وزنه يك كيلوئى استفاده كردند. فزانوردان چگونه به اين هدف رسيدند توضيح آنكه اندازه شعاع سياره را در نتيجه محاسبات نجومى قبلى ميدانستند.

۱۱۲- فزانوردان در ادامه پژوهش سياره‌اى كه تازه به آن رسيده بودند دوباره (رجوع شود به مسئله شماره ۱۰۸) دست به تعيين چگالى متوسط آن زدند. نشان دهيد آنها با داشتن نخ نازك بطول معلوم، وزنه كوچك و ساعت چطور مى‌توانند اين كار را بكنند. ناگفته نماند كه فزانوردان طول خط استواى سياره را ميدانستند چون قبل از فرود توانسته بودند آنرا محاسبه نمايند.

۱۱۳- دانشيار يکى از كالج‌هاى آمريكا ضمن تماشاى برنامه تلويزيونى در منزل خود كه به فرود آمدن فزانوردان در كره ماه اختصاص يافته بود متوجه شد كه در كنار فزانوردى كه از داخل سفينه خارج شده بود يك شى سنگين به چيزى شبيه طناب آويزان و در نوسان است. با يك نگاه به ساعت خود، دانشيار توانست شتاب ثقل ماه را تعيين كند. وى چگونه اين كار را انجام داد؟

۱۱۴- فزانوردان پس از رسيدن به يك سياره ناشناس، چگونه ميتوانند با كمك گالوانومتر حساس و يك كلاف سيم تعيين كنند كه آيا سياره داراى ميدان مغناطيسى است يا نه؟

۱۱۵- فزانوردى كه پا به فضاى بيرون از سفينه نهاده و با سفينه يا اجسام ديگر پيوندى ندارد ميخواهد ۱۸۰ درجه برگردد. براى اين منظور بايد چكار كند؟

۱۱۶- فرض كنيم در سياره زهره زندگى پيدا شده و با مرور زمان موجودات عاقلى در آنجا پيدا شده باشند كه نويسندگان كتاب‌هاى تخيلى علمى آنها را "شبه انسان" ناميده‌اند. با پيشبرد علم، آنها بخاطر شرايط ويژه محيط اطراف هميشه با مشكلاتى مواجه ميشوند كه براى ساكنان كره زمين وجود ندارد. مثلاً "هواى زهره بقدرى ابرآلود است كه ساكنين زهره هرگز نميتوانستند سناره‌ها و خورشيد

را ببینند . این سؤال پیش می‌آید که آیا آنها میتوانند به گردش  
زهره به دور محور خود پی ببرند و جهت گردش آن را تعیین کنند؟  
سعی کنید طریقه‌ای برای این منظور پیشنهاد کنید .

## کمک و راهنمایی

- ۱ - روی پیمانه خانگی چند ردیف تقسیمات مختلف جهت مواد گردی و سیلانی از قبیل آرد، بلغور گندم، شکر و غیره وجود دارد. این تقسیمات بر حسب گرم منظور شده است. یک ردیف تقسیمات بر حسب سانتیمتر مکعب نیز جهت مایعات روی پیمانه وجود دارد.
- ۲ - خط کش را از وسط روی تکیه‌گاهی مثلاً "سوهان سه‌گوش قرار داده و شرط تعادل اهرم را بیاد بیاورید.
- ۳ - اول قابلمه خالی و بعد قابلمه پراز آب را توزین کنید.
- ۴ - باین موضوع فکر کنید که چگونه میتوان یک صفحه را طوری عبور داد که استوانه را بدو قسمت متساوی الحجم تقسیم کند.
- ۵ - اول به این نکته فکر کنید که چرا در موقع باز شدن چتر نجات سرعت چتر باز بطور فاحش تقلیل میابد.
- ۶ - اگر چوب را از مرکز ثقل روی تکیه‌گاهی قرار بدهیم در حالت تعادل خواهد بود.
- ۷ - گلوله‌ای که روی سطح مستوی میغلطد در هر دور مسافتی برابر با طول دایره خود طی میکند.
- ۸ - قطر گلوله را خیلی ساده میتوان بر حسب حجم آن پیدا کرد.
- ۹ - چند دور سیم کپ هم روی مداد بپیچید.
- ۱۰ - قانون ارشمیدس را بیاد آورید.
- ۱۱ - این مسئله را نیز باید بکمک قانون ارشمیدس حل نمود. میله فقط برای فرو بردن چوب پنبه در آب لازم است.
- ۱۲ - هر قدر چگالی جسم شناور بیشتر باشد بهمان نسبت حجم قسمت

بالای آب آن کمتر است .

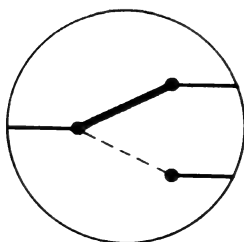
۱۳- در اساطیر آمده که ارشمیدس قانون خود را در موقع تفکر باین مسئله کشف کرد که چگونه میتوان تعیین کرد که آیا زرگر در بارتاج پادشاه (هیرون) را از طلای خالص و یا مخلوط با نقره ساخته است .

۱۴- چوبی که کنار دیوار بوضع مایل گذاشته شود در صورتیکه زاویه میل آن نسبت به سطح زمین بقدر کافی کم باشد میلغزد و میافتد .

۱۵- عدسی دارای فاصله کانونی کمتر نیروی بصری بیشتری دارد .

۱۶- نیروی بصری دو عدسی نازکی که روی هم قرار گرفته‌اند مساویست با مجموع نیروهای بصری جداگانه .

۱۷- با احتمال قوی ساده‌تر است اگر برای حل مسئله از کلید برق یک قطبی استفاده شود ( شکل ۳ ) .



شکل (۳)

۱۸- اگر قوطی از پشت بام خانه پرت شود صدای اصابت آن به زمین بوضوح شنیده خواهد شد .

۱۹- هر قدر قطر ظرف بیشتر باشد همانقدر کندتر پر میشود .

۲۰- ارتفاع فواره بستگی به سرعت جریان آب خروجی دارد .

۲۱- چگالی گاز به فشار آن بستگی دارد .

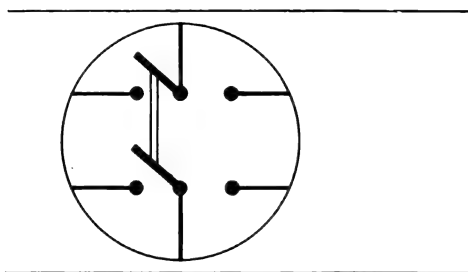
۲۲-۲۴ در درجه حرارت ثابت حجم گاز با فشار گاز نسبت معکوس دارد .

۲۵- فرمولهائی را بیاد بیاورید که امکان بدهند مقادیر گرمای لازم برای گرم و تبخیر کردن ماده را محاسبه کنید .

۲۶-۲۷ در موقع گرم کردن فلز ، مقاومت آن طبق قانون مستقیم افزایش میابد .

۲۸- مقدار مصرفی نیروی برق شبکه با توان دستگاه وصل شده و مدت کارکرد آن نسبت مستقیم دارد .

۲۹- امکان استفاده از کلید برق دوقطبی را امتحان کنید ( رجوع شود به شکل ۴ ) .



شکل (۴)

۳۰- باین نکته فکر کنید که کدام نیرو مکعب را وامیدارد روی دایره حرکت کند یعنی کدام نیرو نقش نیروی جاذب بطرف مرکز را بازی میکند .

۳۱- ۳۲- فرمول ریاضی محاسبه دوره تناوب حرکت آونگ را بیاد بیاورید .

۳۳- مدت سقوط جسمی را از ارتفاع نه چندان زیاد بآسانی میتوان حساب کرد .

۳۴- با وارد کردن نیرو در نقاط مختلف الارتفاع مکعب مستطیل سعی کنید آنرا بحرکت وادارید و رفتارش را مشاهده نمائید .

۳۵- از دو چرخ لنگریا جرم مساوی ، یکی که جرمش در طول محیط توزیع شده از دیگری که توپراست دیرتر دور برمیدارد .

۳۶- حد گسیختگی سیم به جنس و قطر آن بستگی دارد .

۳۷- گلولهای که روی سطح آئینه میغلطد مانند آونگ حرکت میکند .

۳۸- اگر طول بازوهای اهرم متفاوت باشد بچه میتواند با مرد متعادل شود .

۳۹- هر قدر منبع صوت دورتر باشد همانقدر صوت دیرتر شنیده میشود .

۴۰- شعاع نوری در یک ثانیه ۳۰۰ ۰۰۰ کیلومتر وصوت کمی بیشتر از ۳۰۰ متر طی میکند .

۴۱- ازاین موضوع استفاده کنید که در مثلثهای متشابه ، اضلاع متناظر متناسب

هم هستند .

۴۲- ماشینها هر سرعتی که داشته باشند باید همان مسافت بین دو چراغ راهنمایی را طی کنند .

۴۳- از قانونهای دوم و سوم نیوتن استفاده کنید .

۴۴- به راهنمایی مربوط به مسئله شماره ۴۱ مراجعه نمائید .

۴۵-۴۷- هر قدر سرعت جسمی که در جهت صعودی مایل به افق پرتاب شود بیشتر باشد همانقدر ارتفاع اوج و طول برد آن بیشتر خواهد بود .

۴۸- به راهنمایی مربوط به مسئله شماره ۴۱ مراجعه نمائید .

۴۹- دور سیم پیچی که جریان برق در آن جاریست حوزه مغناطیسی بوجود میآید که شبیه حوزه مغناطیسی اطراف آهنربا میباشد .

۵۰- باید نعلبکی با جیوه را بعنوان آئینه افقی بکار برد بنحویکه بتوان انعکاس سربرج را در آن دید .

۵۱- درجه حرارت غلیان به فشار بستگی دارد و فشار با افزایش ارتفاع کم میشود .

۵۲- رابطه درجه روشنائی با فاصله تا منبع نور را بکار ببرید .

۵۳- قانون اول نیوتن را بیاد بیاورید و این نکته را در نظر بگیرید که سکوی گردان را نمیتوان به عنوان دستگاه قیاسی دارای اینرسی مورد توجه قرار داد .

۵۴- روی سطح آب تمیز کف صابون بزنید و عمل آنرا مشاهده کنید .

۵۵-۵۶- از قوانین اصلی دینامیک استفاده نمائید .

۵۷- این نکته را بیاد بیاورید که معمولا " قبل از آخرین اخبار علایم وقت دقیق پخش میشود .

۵۸- امکان استفاده از قانون بویل - ماریوت را امتحان کنید .

۵۹-۶۰- باین واقعیت توجه کنید که اگر نخ ماهیگیری ورنهای در وسط داشته باشد هر قدر زیاد نخ را بکشید باز هم نمیتوانید آنرا تا وضع کاملاً "افقی بکشید.

۶۱- عبارت نیروی جاذب بطرف مرکز را تجزیه و تحلیل کنید .

۶۲- از محل سقوط سنگ امواجی بوجود میآیند که به ساحل میرسند .

۶۳-۶۴- سرعت سقوط قطره نسبت به حرکت قطار یا اتومبیل برابر است

- با حاصل جمع هندسی سرعت آن نسبت به زمین و سرعت زمین نسبت به وسیله نقلیه. وضع قرارگیری متقابل این سه بردار را بررسی کنید.
- ۶۵-۶۷- نیروهای وارد بر وزنه آویزان به نخ را بررسی کنید.
- ۶۸- همه اجسام در اثر گرما منبسط میشوند.
- ۶۹- با ساختمان سرعت سنج و هدف کاربرد آن آشنا شوید.
- ۷۰- نیروهائی را باهم مقایسه کنید که برای حرکت دادن چوب چهار گوش روی سطح شیبدار در جهات بالا و پائین لازم است.
- ۷۱- آزمایش ارستد و قاعده پیچ را بیاد بیاورید.
- ۷۲- سرحادیهای برق را در آب فروبرده و مشاهده کنید چه پدیدههائی رخ خواهد داد.
- ۷۳- هادیهای برق را به محل اتصال باطری وصل کنید و سرآزاد آنها را میان سیبزمینی بریده شده فرو کنید.
- ۷۴- مدت غلطیدن حلقه بستگی به شیب جاده دارد.
- ۷۵- هردو آونگ را بنوسان وادارید و مشاهده کنید.
- ۷۶- پدیده لوله موئی و قوانین مربوطه را بیاد بیاورید.
- ۷۷- اگر یک آهن ربا در براده آهن فرو بریم براده ها بیشتر به قطبین میچسبند.
- ۷۸- نیروی بصری عدسی به ضریب شکست مادهای بستگی دارد که از آن ساخته شده است.
- ۷۹- نیروهای یکسان به اجسام متساوی الجرم شتاب یکسان میدهند.
- ۸۰- ساختمان و اصل عمل ترانسفرمر را بیاد بیاورید.
- ۸۱- مقاومت و جرم هادی برق به قطر و طول آن بستگی دارد.
- ۸۲- جرم استوانه با ارتفاع و مجذور قطر آن نسبت مستقیم دارد.
- ۸۳- مادامی که گلوله بین دو دیسک سوار بر محور الکتروموتور در پرواز است دیسکها همچنان میچرخند.
- ۸۴- از قانون هوک استفاده کنید.
- ۸۵- چوب چهارگوش تا زمانیکه شیب سطح زیاد نشده سر نمیخورد.
- ۸۶- به راهنمائی مربوط به مسئله شماره ۷۰ مراجعه نمائید.
- ۸۷- ریسمان را در شیار بلوک قرار داده و به دوسر آن وزنه و جسم مورد

نظر را ببندید .

۸۸-۸۹ مقدار گرمائی که برای تغییر دادن درجه حرارت یک جسم لازم است با جرم آن متناسب میباشد .

۹۰- از قانون اهم مربوط به مدار کامل استفاده نمائید .

۹۱- عبور جریان برق از پیل با تحلیل ماده الکترو د منفی همراه است .

۹۲- خازن برق در مدارهای جریان متناوب نقش مقاومت را ایفا می-

کند . مقدار مقاومت آن بظرفیتش و فرکانس جریان بستگی دارد .

۹۳- مقاومت هادی برق باطول آن نسبت مستقیم دارد .

۹۴- به راهنمائی مربوط به مسئله شماره ۳۶ مراجعه نمائید .

۹۵- در موقع حل این مسئله باید در نظر داشت که سرعت صوت و

سرعت مولکولهای گاز اعدادی هم مرتبه هستند .

۹۶- اره را بدو قسمت بشکنید .

۹۷- جرم صفحه دارای ضخامت یکنواخت با مساحت آن متناسب است .

۹۸- جسمی در مایعی شناور است اگر چگالی جسم از چگالی مایع کمتر باشد .

۹۹- مرکز ثقل دستگاهی که از دو جسم تشکیل شده روی خط مستقیم مار

بر مرکز ثقل هر جسم قرار دارد .

۱۰۰- نیروئی بر هادی برق در حوزه مغناطیسی اثر میکند که جهت آن به

جهت جریان برق بستگی دارد .

۱۰۱- مقاومت دوسیم پیچ وات متر باهم تفاوت زیادی دارند .

۱۰۲- اختلاف پتانسیل ( سطح ) دو سرقطعه سیم باشدت جریان برق آن

قطعه متناسب است .

۱۰۳- اگر از سه قطعه یکبه‌دلبخواه از جعبه‌ها برداشته شود دو عدد اسقاط

باشد وزن کل سه قطعه ۲۰ گرم کمتر و اگر فقط یک عدد اسقاط باشد

وزن کل سه قطعه فقط ۱۰ گرم کمتر از وزن صحیح خواهد بود .

۱۰۴- به این واقعیت توجه کنید که بعد از هر دور ، قطعه در همان وضع

قرار میگیرد .

۱۰۵- لامپ نئون وصل شده به شبکه برق متناوب ۱۰۰ بار در ثانیه روشن

میشود .



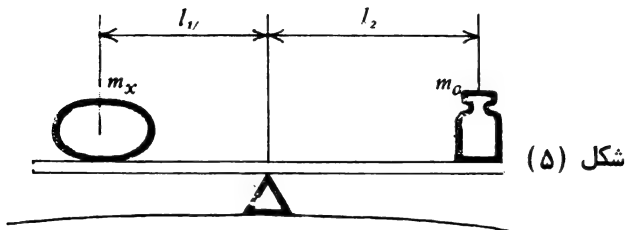
- ۱۰۶- اصل عمل موşk را بیاد بیاورید .
- ۱۰۷- برای اولین بار آلبرت اینشتین بود که باین نکته توجه کرد که نیروهای اینرسی که در دستگاههای دارای حرکت شتابی بوجود میآیند با نیروهای گرانشی معادلند .
- ۱۰۸- عبارت نیروی جاذب بطرف مرکز را برحسب دوره گردش نوشته و عبارت بدست آمده را با نیروی گرانشی برابر بگیرید .
- ۱۰۹- نسبت مسافات طی شده یک جسم در حال سقوط در فواصل زمانی متساوی مانند نسبت اعداد تک متوالی میباشد .
- ۱۱۰- ازقانون دوم نیوتن استفاده کنید .
- ۱۱۱- قانون جاذبه عمومی را بیاد بیاورید .
- ۱۱۲- راهنمایی مربوط به دو مسئله قبل را بخوانید .
- ۱۱۳- از فرمول دوره تناوب آونگ ریاضی استفاده کنید .
- ۱۱۴- در اثر تغییر فلوی مغناطیسی در سیم پیچ نیروی الکتروموتوری القائی در آن بوجود میآید .
- ۱۱۵- اگر روتورالکتروموتور را ثابت کنیم استاتور آن بدوران میافتد در صورتیکه مانعی در میان نباشد .
- ۱۱۶- ویژگیهای ژيروسکوپ و آونگ را بیاد بیاورید .

## حل مسائل

۱ - مقداری شکر در پیما نه ( ساختمان پیمان ه خانگی در فصل کمک ها و راهنمائی ها شرح داده شد ) ریخته و جرم آنرا از روی تقسیمات مربوطه و حجم آنرا از روی تقسیمات مربوط به مایعات پیاد میکنیم . سپس چگالی از طریق معمولی محاسبه میشود . ولی مقدار بدست آمده اندکی از مقدار حقیقی کمتر است چونکه حجم بدست آمده محتوی فواصل بین ذرات شکر میباشد .

۲ - حل مسئله در شکل ۵ نشان داده شده است . باید خط کش را از وسط روی ضلع سوهان قرار داد که این امر نظر به تقسیمات موجود روی خط کش اشکالی ندارد . سپس وضع قرارگیری وزنه و جسم مورد آزمایش را تا برقراری حالت تعادل تمام دستگاه تنظیم میکنیم . آنگاه از شرط تعادل اهرم :

$$m_x g l_1 = m_0 g l_2$$



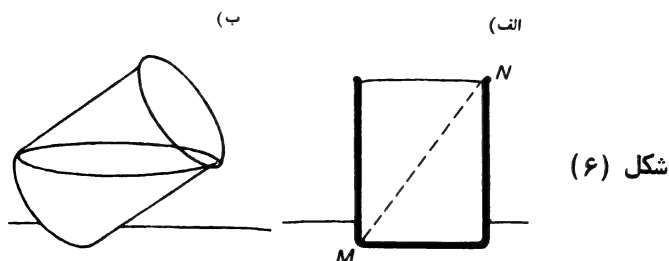
(  $g$  شتاب ثقل است ) میتوان جرم مجهول  $m_x$  را پیدا کرد . مقادیر  $l_1$  و  $l_2$  را روی تقسیمات خط کش جدا میکنیم و  $m_0$  بنا بر فرض مسئله برابر با ۱۰۰ گرم است . در تساوی بیان کننده شرط تعادل اهرم از وزن خط کش میتوان صرف نظر کرد چون گشتاور این نیرو نسبت به محور گردش برابر با صفر است .

برای جواب دادن به سؤال دوم مسئله باید دانست که وزن سکه مسی شوروی برحسب گرم و ارزش آن برحسب کپک یکی است .

۳- اگر جرم قابلمه خالی  $m_1$  و جرم قابلمه پر از آب  $m_2$  باشد آنوقت اختلاف  $m_2 - m_1$  جرم آب قابلمه میباشد . با تقسیم این اختلاف بر چگالی آب  $d$  حجم قابلمه  $V$  بدست میآید :

$$V = \frac{m_2 - m_1}{d}$$

۴- اگر از نقاط  $M$  و  $N$  طوری که در شکل ۶- الف نشان داده شده صفحه‌ای عبور دهید استوانه را بدو قسمت متقارن و نتیجتاً "متساوی الحجم" تقسیم خواهد کرد و از همینجا حل مسئله ناشی میشود .



باید لیوان را کم‌کم متمایل کرده و مایع آن را بریزید تا لبه ته لیوان نمایان شود (شکل ۶- ب) . در این لحظه درست نصفی از مقدار اولیه مایع باقی میماند .

۵- به قوطی در حال سقوط دو نیروی جاذبه زمین و مقاومت هوا وارد میشود . اولی به جرم بستگی دارد و برای قوطی پرتر بیشتر است . در عین حال دومی بازای سرعت یکسان در مورد هر دو قوطی یکی است . لذا در مورد قوطی پرتر برآیند این نیروها اصولاً "بیشتر" میباشد . بنابراین شتابش\* بیشتر است ، زودتر سرعت میگیرد و به زمین میرسد .

\* با افزایش جرم ، شتاب افزایش می یابد چون  $\frac{P-F}{m} = \frac{mg-F}{m} = g - \frac{F}{m}$  که  $F$  نیروی مقاومت هوا می باشد .

بدین ترتیب باید همزمان دوقوطی را از بالکن پرت کرد. آن قوطی که زودتر به زمین میرسد محتوی تعداد بیشتری کبریت است. البته نتایج قانع کننده فقط در صورتی حاصل میشود که اختلاف تعداد چوب کبریت قوطی‌ها خیلی کم نباشد.

ع- البته ساده‌تر از همه مرکز ثقل چوب را میتوان از طریق متعادل کردن آن روی لبه پنجه دست پیدا کرد. از قرار معلوم حالت تعادل نشان میدهد که مرکز ثقل بالای نقطه اتکاء است. و اما یک راه حل جالبتر و آموزنده‌تر نیز وجود دارد.

اگر چوب را بطور افقی روی لبه پنجه‌های دست قرار و دستها را بکندی بسوی هم حرکت دهیم همیشه در مرکز ثقل بهم میرسند. در ضمن مهم نیست چگونه دستها را بهم نزدیک کنیم.

علت این پدیده اینست که با نزدیک کردن یک دست به مرکز ثقل فشار بیشتری بر آن وارد میشود تا بردست دوم که از مرکز ثقل دورتر است. چون همزمان با فشار، نیروی اصطکاک افزایش میابد لذا از نیروی اصطکاک بین چوب و دست دوم تجاوز میکند و در نتیجه حرکت چوب نسبت به دست اول متوقف و نسبت به دست دوم آغاز میشود. بدین ترتیب مرکز ثقل همیشه بین کف دستها خواهد بود و آخر سر گیر خواهد افتاد.

۷- کافی است توپ را در آب‌تر کرده، و یک دور روی کف بغلطانیم و

طول  $l$  اثر مرطوب را اندازه بگیریم. سپس قطر  $d$  را بافرمول

$$d = \frac{l}{\pi}$$

محاسبه میکنیم.

همچنین میتوان یک دور نخ بدور توپ روی خط استوا پیچید سپس طول نخ را اندازه‌گیری و قطر را بهمان طریق محاسبه نمود.

۸- اول از طریق معمولی بکمک پیمانانه حجم  $V$  گلوله سپس بافرمول

$$d = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}}$$

قطر  $d$  محاسبه میشود.

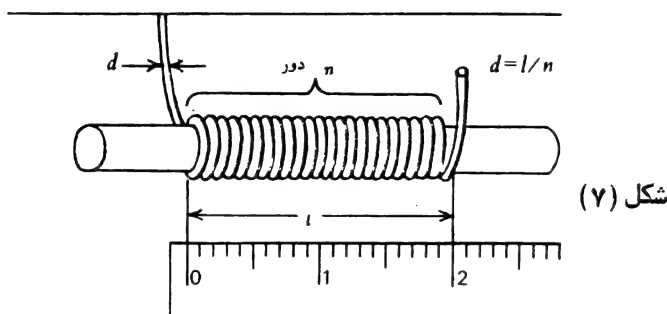
۹- در دفترهای دبیرستان ضلع هر خانه بطور نسبتاً " دقیق برابر

نصف سانتیمتر می باشد ( نگارنده چند دفتر بررسی کرد و تنها در بدترین مورد طول ۴۰ خانه بجای ۲۰۰ میلی متر استاندارد ۲۰۲ میلیمتر بود یعنی معادل دقت ۱٪). از این موضوع میتوان برای حل مسئله استفاده کرد .

باید سیم را محکم دور مداد پیچید تا تعداد خانهها را بطور کامل اشغال کند . درضمن تعداد دورها نباید کم باشد والا بطوریکه در زیر روشن میشود اشتباه قابل ملاحظه خواهد بود . بعد از این باتقسیم طول  $l$  که دورهای سیم روی آن خوابیده برتعداد  $n$  دور مقدار مجهول را بدست

$$d = \frac{l}{n} \quad \text{سیاورییم :}$$

(شکل ۲ را نگاه کنید که در آن بجای ورق دفتر ، خط کش نشان داده شده است .) در نظریه اشتباهات ثابت میشود که خطای نسبی یک کسر برابر است با جمع خطاهای نسبی صورت ومخرج . درموردی که با آن روبرو هستیم  $l$  بادقت ۱٪ تعیین شده است (مراتب فوق را نگاه کنید) . در موقع شمارش تعداد دورها آزمایشگر ممکن است باندازه یک دور اشتباه کند چون در بیشتر موارد مشکل بتوان گفت کدام عدد در وسط است مثلا " ۴۹ یا ۵۰ دور . لذا برای خطای نسبی مخرج ، عدد تقریبی ۰/۲ بدست میآید . بدین ترتیب قطر سیم با خطای نسبی ۳٪ و خطای مطلق ۰/۰۰۳ میلی متر بازای قطر ۰/۱ میلی متر تعیین خواهد شد که آنقدر هم بد نیست . متأسفانه خطای واقعی همیشه بیشتر خواهد بود چون پیچیدن حلقههای سیم در کنار هم مشکل است .



۱۰- چون جسم شناور است جرم آن برابر است با جرم آب هم حجم قسمت زیرآبی جسم. اول حجم آب رانده شده را پیدا میکنیم. برای این کار مساحت مقطع ظرف را که بکمک خط کش تعیین کرده ایم در مقدار تنزل سطح آب در اثر بیرون آوردن جسم (این مقدار نیز با خط کش تعیین میشود) ضرب میکنیم. با ضرب کردن حجم آب رانده شده در چگالی آن، جرم آب و نتیجتاً "جرم جسم شناور نیز حاصل میشود.

۱۱- چوب پنبه را در پیمانه انداخته و اعتلای سطح آب را اندازه گرفته جرم چوب پنبه را با همان طریقی که در حل مسئله قبل بررسی شده پیدا میکنیم. حجم چوب پنبه را میتوان با غوطه‌ور کردن آن بکمک میله در آب تعیین نمود. سپس با سانی می‌توان چگالی را محاسبه کرد.

۱۲- علاوه بر طریقه مسئله قبل میتوان به طریقه دیگری نیز اشاره کرد. طول کامل چوب کوچک را اندازه گرفته سپس آنرا در آب فرو میبریم. فرض میکنیم طول کامل  $l_1$  و طول زیرآبی  $l_2$  باشد. آنگاه جرم چوب

$$m_1 = l_1 S d_1$$

که  $d_1$  چگالی چوب و  $S$  مساحت مقطع عرضی چوب میباشد بدست می‌آید در عین حال جرم آب هم حجم چوب در زیر آب

$$m_2 = l_2 S d_2$$

میشود که  $d_2$  چگالی آب است. چون چوب شناور است این جرم‌ها با هم برابرند:

$$l_1 S d_1 = l_2 S d_2$$

از اینجا حاصل میشود:

$$d_1 = d_2 \frac{l_2}{l_1}$$

این نکته مهم است که چوب در حالت قائم یا کمی مایل شناور است چون اگر روی آب بخوابد حل مسئله بمراتب مشکلتر خواهد شد. برای اینکه چوب در حالت قائم شناور باشد ظرف استوانه‌ای باریک بکار میرود که جدار آن نمیگذارد چوب روی آب بخوابد.

۱۳- بین حجم فضای داخلی  $V$  و حجم درپوش  $V_2$  و حجم شیشه‌آن،  
 $V_1$  این رابطه بدیهی برقرار است :

$$V = V_2 - V_1$$

جرم درپوش را با  $m_1$  نمایش می‌دهیم . اگر در پوش در موقع توزین در آب غوطه‌ور باشد (توزین هیدرواستاتیک) ترازو مقدار کمتری ( $m_2$ ) را نشان می‌دهد چون طبق قانون ارشمیدس نیروی دافع در درپوش اثر میکند . بآسانی میتوان دریافت که کاهش ظاهری جرم بمقدار  $m_1 - m_2$  برابر است با جرم آب رانده شده . لذا با تقسیم این اختلاف بر چگالی آب  $d_1$ ، حجم آب رانده شده و در نتیجه حجم درپوش را پیدا میکنیم :

$$V_2 = \frac{m_1 - m_2}{d_1}$$

برای تعیین حجم شیشه درپوش کافی است جرم درپوش بر مقدار چگالی شیشه  $d_2$  استخراج شده از جدول فیزیک تقسیم گردد :

$$V_1 = \frac{m_1}{d_2}$$

بالاخره بدست می‌آوریم :

$$V = \frac{m_1 - m_2}{d_1} - \frac{m_1}{d_2}$$

۱۴- عصا را در حالت قائم روی ورق آهن قرارداده و درحالی‌که با دست روی سرفوقانی آن فشار می‌آورید آنرا آهسته کج کنید (شکل ۸) . در زاویه شیب معین  $\alpha$  عصا شروع میکند به لغزیدن روی آهن . این موضوع در لحظه‌ای پیش می‌آید که مولفه افقی نیروی  $F$  که به سرفوقانی عصا در امتداد آن وارد میشود با نیروی اصطکاک برابر میگردد مولفه افقی نیروی  $F$  برابر است با  $F \cos \alpha$  . درعین حال نیروی اصطکاک را میتوان بصورت زیر بیان نمود :

$$F_1 = k(P + F \sin \alpha)$$

که  $k$  ضریب اصطکاک مطلوب ،  $P$  وزن عصا و  $F \sin \alpha$  قائم نیروی فشار  $F$  بر عصا است . این دو نیرو عصا را به ورق آهن فشار میدهد . از برابری این نیروها بدست می‌آوریم :

$$k(P + F \sin \alpha) = F \cos \alpha$$

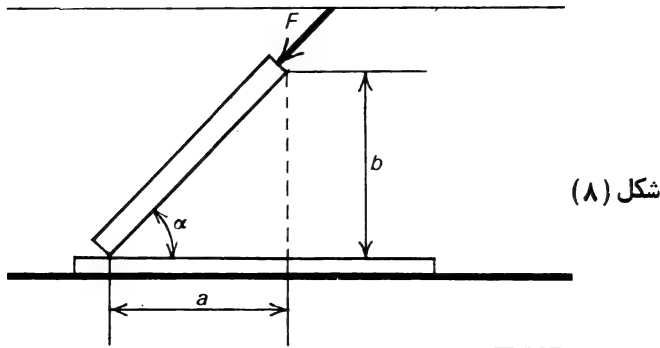
وازاينجا

$$k = \frac{F \cos \alpha}{P + F \sin \alpha}$$

چون بنا بر فرض مسئله وزن چوب زياد نيست از جمله اول مخرج كسر ميتوان چشم پوشي كرد بويژه كه نيروي  $F$  كه آزمائشگر به سر فوقاني آن وارد ميآورد فقط بهامكانات او و استحكام عصا محدود است. لذا

$$k = \frac{F \cos \alpha}{F \sin \alpha} = \operatorname{ctg} \alpha = \frac{a}{b}$$

بدين ترتيب براي تعيين ضريب اصطكاك كافي است فقط  $a$  و  $b$  اندازه گيري شود كه اين امر بكمك خط كش بآساني انجام ميگيرد.

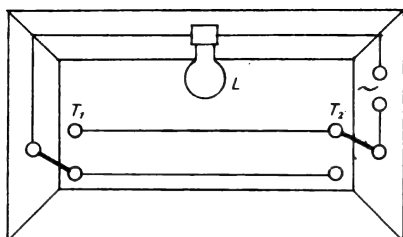


۱۵- عدسي ها را از ديوار دور نموده بايد بحالتي رسيد كه تصوير فيللمان لامپ روي ديوار بطور واضح ديده شود. آن عدسي كه در اين حالت به ديوار نزديكتر است داراي نيروي بصري بيشتر مي باشد.

۱۶- دو عدسي را بايد روي يكدیگر قرارداد. اگر دستگاه بدست آمده اشعه را متمرکز کند در اينصورت نيروي بصري عدسي همگرا بيشتر است. در عكس اين حالت، عدسي واگرا داراي نيروي بصري بيشتر مي باشد.

۱۷- بايد از دو كليد يک قطبي استفاده نمود. براي اين منظور آنها را مطابق شکل ۹ به مدار ببنديد.





شکل (۹)

۱۸- به پشت بام رفته قوطی را از دست رها کنید و درعین حال دکمه ثانیه شمار را فشار دهید. با شنیدن صدای اصابت قوطی به زمین ثانیه شمار را متوقف کنید. نشان داده عقربه ثانیه شمار  $t$  عبارتست از حاصل جمع زمان سقوط قوطی  $t_1$  و زمان سیر  $t_2$  صدای اصابت آن به زمین تا گوش مشاهده کننده.

بین زمان اولی و ارتفاع  $h$  خانه رابطه زیر برقرار است :

$$h = \frac{g t_1^2}{2}$$

و رابطه بین  $h$  و  $t_2$  بدینصورت میباشد :

$$h = c t_2$$

که  $c$  سرعت صوت است، در محاسبات آنرا برابر ۳۴۰ متر در ثانیه قرار میدهیم. با تعیین  $t_1$  و  $t_2$  از این عبارت و قراردادن این مقادیر در فرمولی که  $t_1$  و  $t_2$  را باهم مربوط میسازد معادله اصم

$$\sqrt{\frac{2h}{g}} + \frac{h}{c} = t$$

را بدست میآوریم که ارتفاع خاندرا میتوان با آن پیدا کرد. در محاسبه تقریبی و بویژه اگر ارتفاع خانه کم باشد از جمله دوم طرف چپ میتوان چشم پوشی کرد. آنوقت با حذف آن بدست میآوریم :

$$h = \frac{g t^2}{2} \quad \text{و} \quad \sqrt{\frac{2h}{g}} \approx t$$

۱۹- با کولیس ارتفاع  $h$  و قطر  $d_1$  ظرف را اندازه گیری و حجم آن را محاسبه مینمائیم :

$$V = \frac{\pi d_1^2}{4} h$$

بعد از این با کمک ثانیه شمار زمان  $t$  را تعیین میکنیم که طی آن قوطی پراز

آب جاری میشود. آنوقت مقدار  $Q$  آب جاری شده از شیر در واحد زمان بدست میآید:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{\pi d_1^2}{4} \times \frac{h}{t}$$

از سوی دیگر میتوان  $Q$  را بصورت حاصلضرب سرعت مطلوب  $v$  جریان آب در مساحت  $S$  مقطع شیر بیان نمود:

$$Q = Sv = \frac{\pi d_2^2}{4} v$$

که  $d_2$  قطر شیر است.

از برابری جمله‌های طرف راست بدست میآوریم:

$$v = \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2 \frac{h}{t}$$

چون  $d_2$  را نیز میتوان بکمک کولیس اندازه گرفت مسئله حل شده است.

۲- شلنگ را قایم بطرف بالا گرفته و بکمک خط‌کش ارتفاع  $h$  جریان

آب را تعیین میکنیم. آنوقت میتوان سرعت  $v$  جریان را با استفاده از

فرمول

$$v = \sqrt{2gh}$$

پیدا نمود.

باضرب سرعت  $v$  بدست آمده در مساحت  $S$  مقطع سرشلنگ (که قطر آن  $d$  با همان خط‌کش اندازه‌گیری میشود) مصرف  $Q$  آب یعنی مقدار جاری شده در ثانیه را پیدا میکنیم:

$$Q = vS = \sqrt{2gh} \frac{\pi d^2}{4}$$

سپس تعیین مدت زمان پر شدن مخزن امکان‌پذیر میگردد چون ظرفیت  $V$  آن از اول معلوم بود:

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{4V}{\pi d^2 \sqrt{2gh}} \approx \frac{0.9V}{d^2 \sqrt{gh}}$$

۲۱- نیروی ارشمیدس در تمام اجسام واقع در هوا اثر میکند و با وزن

هوای هم‌حجم جسم برابر است. لذا نتیجه توزین توپ باد شده تا فشار  $p$

را میتوان بصورت زیر درآورد :

$$M = M_1 + M_2 - m$$

که  $M_1$  جرم روئی و توئی توپ،  $M_2$  جرم هوای داخل توپ و  $m$  جرم هوای هم حجم توپ میباشد. بآسانی میتوان دید که اگر از حجم روئی و توئی توپ (و در نتیجه از نیروی ارشمیدس که در این دواثر میگذازد) چشم پوشی کنیم در آن صورت دوجمله آخر در مورد توپی که هوای داخل آن تحت فشار جو قرار داشته باشد باهم برابرند و در نتیجه توزین، جرم توئی و روئی  $M_1$  بدست میآید.

نظر باینکه در اثر باد کردن توپ حجم  $V$  آن عملاً تغییر نمیکند آخرین جمله طرف راست و، طبیعتاً، اولین جمله نیز ثابت میماند. بدین ترتیب حاصل تفریق  $M - M_0$  که  $M_0$  و  $M$  به ترتیب جرم توپ باد شده تا فشار "موثر"  $p$  و جرم همان توپ تحت فشار جو  $p_0$  میباشد و بکمک ترازو تعیین شده است در نتیجه تقسیم بر حجم  $V$  توپ مقدار افزایش چگالی هوا از  $d_0$  در فشار جو تا  $d$  در فشار مطلوب را بدست میدهد :

$$\frac{M - M_0}{V} = d - d_0$$

چون در اثر باد کردن توپ حجم آن تغییر نمیکند لذا افزایش چگالی گاز با افزایش فشار نسبت مستقیم دارد :

$$\frac{d}{d_0} = \frac{p}{p_0}$$

از دو عبارت اخیر، عبارت زیر را که شامل مقدار مطلوب میباشد بدست میآوریم :

$$p = \frac{p_0}{d_0} d = \frac{p_0}{d_0} \left( d_0 + \frac{M - M_0}{V} \right) = p_0 + \frac{p_0}{d_0} \cdot \frac{M - M_0}{V}$$

اختلاف جرم در این عبارت بکمک ترازو تعیین میگردد و حجم توپ پس از اندازه گیری قطر آن بوسیله خط کش (به مسئله شماره ۷ مراجعه شود) محاسبه میشود در صورتیکه مقادیر  $p_0$  و  $d_0$  از جداول بدست میآید و بترتیب برابر است با ۱ اتمسفر و ۱/۲۹۳ کیلوگرم بر متر مکعب. اگر نتیجه دقیقتری مورد نظر باشد تغییر چگالی هوا بر حسب درجه حرارت را نیز

باید در نظر گرفت یعنی بجای مقدار  $1/293$  در صفر درجه سانتیگراد باید آن مقدار چگالی را در فرمول قرار داد که به درجه حرارت هوا در آن لحظه مربوط است .

۲۲- قبل از هر چیز ، برای اینکه لامپ نشکند با احتیاط پایه آن را برداشته و خود لامپ را کاملاً " در آب فرو کرده و بکمک خط کش اعتلای  $\Delta h_1$  سطح آب ظرف را پیدا میکنیم . بعد از این بدون آنکه لامپ را از زیر آب بیرون بیاوریم لوله شیشه‌ای باریک را که هنگام ساخت لامپ برای تخلیه هوا از آن و پر کردن آن از گاز خنثی بکار رفته میشکنیم . آنوقت مقداری آب داخل لامپ میشود و سطح آب ظرف پائین میرود و فقط بمقدار  $\Delta h_2$  بالاتر از سطح اولیه خواهد ایستاد . این اطلاعات برای حل مسئله کاملاً " کافی است . در حقیقت هم ، گاز تحت فشار مطلوب  $p$

تمام حجم  $V_1$  لامپ را اشغال میکرد . اگر از حجم جدار شیشه‌ای لامپ چشم‌پوشی کنیم این حجم را میتوان بصورت حاصلضرب مساحت مقطع  $S$  ظرف در مقدار افزایش سطح آب بعد از غوطه‌ور ساختن لامپ نوشت :

$$V_1 = S \Delta h_1$$

بعد از شکستن لوله شیشه‌ای باریک لامپ ، فشار گاز داخل آن با فشار جو برابر شد (فشار ستون آب بالای لامپ غوطه‌ور در مقابل فشار جو قابل اغماض است) و حجم آن تا  $V_2 = S \Delta h_2$  تقلیل یافت . درجه حرارت گاز را ثابت تلقی نموده بر مبنای قانون (( بویل - ماریوت )) می‌نویسیم :

$$p = p_0 \frac{\Delta h_2}{\Delta h_1} \quad p S \Delta h_1 = p_0 S \Delta h_2 \quad \text{که از اینجا}$$

بدست می‌آید .

تغییرات سطح آب با خط کش اندازه‌گیری میشود و  $p_0$  با هواسنج تعیین میگردد و یا مساوی ۱ اتمسفر (۷۶۰ میلیمتر ستون جیوه) فرض میشود .

۲۳- قبل از هر چیز ، مانند راه‌حل مشروح در فوق با احتیاط پایه را

از لامپ جدا کرده و سپس لامپ را وزن میکنیم . فرض کنیم جرم آن  $m_1$  باشد . بعد لامپ را کاملاً " در آب فرو کرده و لوله شیشه‌ای باریک آن را میشکنیم . وقتی که آب داخل لامپ شد فقط فضای پراز گاز تحت فشار جو  $p_0$  ماند لامپ را از آب بیرون آورده و از نو جرم آن را تعیین میکنیم . فرض کنیم جرم لامپ با همان مقدار آب مساوی  $m_2$  باشد . حال لامپ را

کاملاً" پر از آب نموده و از نوجرم را تعیین میکنیم. فرض کنیم که این جرم برابر  $m_3$  باشد.

بآسانی میتوان دریافت که اختلاف  $m_3 - m_1$  نماینده جرم آبی است که شیشه لامپ را پر کرده است. با تقسیم این اختلاف بر چگالی آب، حجم داخلی لامپ یا، بدیگرسخن، حجم گاز تحت فشار مطلوب  $p$  بدست میآید.

از طرف دیگر اختلاف  $m_3 - m_2$  بخش بر چگالی آب، حجم همان گاز تحت فشار جو  $p_0$  را بدست میدهد.

بافرض اینکه در موقع متراکم شدن گاز درجه حرارت آن تغییر نمیکند بر مبنای قانون ( بویل - ماریوت ) میتوان نوشت :

$$p \frac{m_3 - m_1}{d} = p_0 \frac{m_3 - m_2}{d}$$

از اینجا فشار مطلوب برابر است با :

$$p = p_0 \cdot \frac{m_3 - m_2}{m_3 - m_1}$$

۲۴- اگر لوله بطور قائم و سوراخ بطرف بالا قرار داده شود هوای

داخل آن تحت فشار

$$P_1 = P_0 + dgh$$

قرار میگیرد که  $P_0$  فشار جو،  $d$  چگالی جیوه،  $g$  شتاب نیروی ثقل و  $h$  ارتفاع ستون جیوه میباشد. این فشار، هوای درون لوله را تا حجم

$$V_1 = l_1 S$$

متراکم میکند ( $l_1$  طول ستون هوا و  $S$  مساحت مقطع لوله است).

فشار در داخل لوله قائم با سوراخ بطرف پائین

$$p_2 = p_0 - dgh$$

و حجم هوا

$$V_2 = l_2 S$$

بفرض اینکه درجه حرارت در هردو مورد یکسان است از قانون ( بویل - ماریوت ) داریم :

$$(p_0 + dgh) l_1 S = (p_0 - dgh) l_2 S$$

که از اینجا

$$p_0 = dgh \frac{l_2 + l_1}{l_2 - l_1}$$

چگالی جیوه و شتاب ثقل از جدول استخراج میشود و مقادیر  $l_1$ ،  $l_2$  و  $h$  را با خط کش اندازه میگیرند.

اگر فشار جو را بر حسب میلیمتر ستون جیوه بیان کنیم فرمول بصورت سادهتری درمیآید :

$$p_0 = h \frac{l_2 + l_1}{l_2 - l_1}$$

۲۵- فرض میکنیم در قابلمه آب سرد شده تا صفر درجه سانتیگراد ریخته باشند ( و تکههای ریز یخ هنوز در آب شناور باشد ) . قابلمه را روی اجاق گاز قرار میدهیم و درعین حال وقت آن لحظه را از روی ساعت میخوانیم . فرض میشود تالحمه جوش آمدن آب زمان  $t_1$  و سپس تا تبخیر کامل تمام آب بازهم زمان  $t_2$  بگذرد .

اگر در اثر سوختن گاز هر ثانیه  $q$  ژول تولید شود در اینصورت مقادیر حرارت  $Q_1$  و  $Q_2$  را که به ترتیب برای گرم کردن آب و تبدیل آب گرم شده به بخار مصرف میشود می توان بصورت زیر نوشت :

$$Q_1 = mc(t_{100^\circ} - t_0) = 100mc = qt_1,$$

$$Q_2 = mr = qt_2$$

که  $m$  جرم آب قابلمه ،  $c$  گرمای ویژه آب و  $r$  گرمای تبخیر است . با تقسیم این دوتساوی بر یکدیگر داریم :

$$\frac{100c}{r} = \frac{t_1}{t_2}$$

و از اینجا

$$r = 100c \frac{t_2}{t_1}$$

چون بحساب آوردن ضایعات گرما ( بصورت تشعشع در محیط اطراف ، برای گرم کردن جسم قابلمه و غیره ) بطور دقیق امکان پذیر نیست نتیجه بدست آمده چندان دقیق نمیشود .

۲۶- باطری، کلاف سیم و آمپر متر را بطور سری نسبت به یکدیگر و ولت متر را، طوری وصل میکنیم که فشار برق روی کلاف سیم را نشان دهد. نتایج اندازه گیری دستگاه ها را ثبت و مقاومت کلاف در درجه حرارت اطاق را محاسبه میکنیم:

$$R_t = \frac{U}{I}$$

سپس از بیرون برف میآوریم و کلاف را در آن فرو کرده کمی منتظر میشویم تا برف شروع کند به آب شدن و درجه حرارت سیم بایرف یکسان گردد و باهمان فرمول مقاومت  $R_0$  سیم را در درجه حرارت آب شدن برف یعنی در صفر درجه سانتیگراد تعیین میکنیم. سپس با کاربرد رابطه بین مقاومت هادی و درجه حرارت آن

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

درجه حرارت هوای اطاق را پیدا میکنیم:

$$t = \frac{R_t - R_0}{R_0 \alpha}$$

در محاسبه از مقدار ضریب حرارتی مقاومت  $\alpha$  که از کتاب مرجع بدست میآید استفاده میشود. در درجه حرارت اطاق  $\frac{1}{\alpha = 0.0043}$  درجه حرارت اگر مقدار ناخالصی مس سیم خیلی زیاد نباشد و ابزار برقی اندازه گیری دارای درجه دقت ۰/۱ باشد\* در این صورت تعیین درجه حرارت هوا با خطای خیلی کمتر از ۱ درجه امکان پذیر است.

۲۷- از طریقی که در حل مسئله قبل بررسی شده مقاومت سیم را اول در درجه حرارت آب شدن یخ ( $R_0$ ) و سپس در درجه حرارت مطلوب ( $R_t$ ) و بالاخره در آب جوش ( $R_{100}$ ) تعیین میکنیم. بعد از این از دستگاه معادلات

$$R_t = R_0(1 + \alpha t), \quad R_{100} = R_0(1 + 100\alpha)$$

\* اینگونه ابزار خیلی خوب است، درجه دقت ابزارهای صنعتی معمولاً

۰/۵، ۱/۰ و حتی ۲/۰ می باشد.

میتوانیم هم ضریب حرارتی مقاومت

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{100 R_0}$$

و هم درجه حرارت هوای اطاق را تعیین کنیم :

$$t = \frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0} 100$$

۲۸- با استفاده از لامپ برق و کنتور که در متن مسئله ذکر گردیده

مدت گردش دختر را میتوان از طریق زیر تعیین نمود :

در لحظه رفتن دختر پدرش باید لامپ را روشن و درعین حال عدد را از روی صفحه کنتور یادداشت کند . بامراجعت دختر عدد بعدی نیز ثبت میگردد . بدانستن مقدار مصرف برق  $A$  میتوان مدت گردش  $t$  را از عبارت

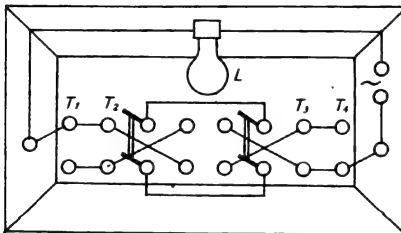
$$t = \frac{A}{N}$$

محاسبه کرد که  $N$  توان لامپ برق است که روی پایه یا شیشه لامپ نوشته شده است . در کنتور خانگی بازای مصرف ۱ کیلو وات ساعت نیرو دیسک کنتور ۱۲۵۰ دور میزند . بدین ترتیب بازای توان لامپ ۱۰۰ وات دیسک در ظرف ۱ ساعت باید ۱۲۵ دور بزند که تعیین تعداد دور از روی صفحه کنتور مشکل نیست چون دور دیسک بصورت اعداد صحیح در صفحه کنتور پیدا میشود .

۲۹- ساده ترین راه حل مسئله در حالتی که لامپ را بتوان از چهار محل

مختلف روشن و خاموش کرد در شکل ۱۰ نشان داده شده است .

بوضوح دیده میشود که با اضافه کردن چند کلید برق می توان مداری تشکیل داد که امکان بدهد دستگاه را از تعداد دلخواه نقاط مختلف روشن و خاموش کنیم .



شکل (۱۰)



۳۰- برای اینکه مکعب بجرم  $m$  باتفاق صفحه‌گردان در مسیر دایره‌ای بشعاع  $R$  با سرعت  $n$  دور درثانیه بچرخد باید نیروی جاذب بطرف مرکز

$$F = \frac{mv^2}{R} = 4\pi^2 n^2 m R$$

ازطرف صفحه‌گردان برآن وارد شود که  $v$  (سرعت خطی مرکز ثقل مکعب میباشد. از عبارت فوق پیدااست که بازای سرعت زاویه‌ای ثابت، نیروی جاذب بطرف مرکز باید با افزایش شعاع چرخش بطور یکنواخت افزایش یابد. ضمناً "نیروی اصطکاک  $F_f$  که نقش نیروی جاذب بطرف مرکز را ایفا میکند نمیتواند از مقدار

$$F_f = kmg$$

تجاوز کند که  $k$  ضریب اصطکاک و  $g$  شتاب نیروی ثقل است. مقدار بحرانی  $R_c$  که بازای آن مکعب دیگر روی صفحه‌گردان نمانده و پرت میشود با خط کش اندازه‌گیری میگردد. عبارات فوق را مساوی هم قرارداده و پیدا میکنیم:

$$k = 4\pi^2 n^2 R_c \frac{1}{g}$$

مقدار  $n$  دراین عبارت معلوم و برابر است با ۳۳ یا ۴۵ یا ۷۸ دور در دقیقه. ۳۱- وزنه را به انتهای نخ بسته آونگی درست می‌کنیم که طول آن برابر ارتفاع سقف اطاق میباشد. چون جرم نخ کم است این آونگ را میتوان بعنوان آونگ ریاضی تلقی نمود یعنی میتوان از رابطه بین دوره نوسان  $T$  و طول  $l$  و شتاب نیروی ثقل  $g$  بصورت زیر استفاده کرد:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

بعد از تعیین دوره نوسان آونگ بکمک ساعت (برای این منظور کافی است تعداد نوسانات آونگ را طی مدت زمان نسبتاً طولانی بشماریم و بر طول آن مدت تقسیم کنیم) طول نخ  $l$  یعنی ارتفاع سقف را با فرمول فوق محاسبه می‌کنیم و ضمناً مقدار  $g$  را بنسبت مدار جغرافیائی محل از کتاب راهنما پیدا مینمائیم یا اینکه برای سادگی آنرا مساوی ۹/۸ متر بر ثانیه قرار میدهم. از همان طریق، طول و عرض اطاق و سپس با ضرب این اعداد حجم اطاق را بدست می‌آوریم. اگر طول آونگ زیاد از حد باشد (اگر اطاق بزرگ باشد)

و اندازه‌گیری دوره‌نوسان آن توام با اشکال باشد میتوان با تا کردن نخ از وسط نیمه اندازه مطلوب را تعیین نمود .

۳۲- ساده‌ترین راهی که بنظر میرسد چنین است . با تغییر دادن تدریجی طول آونگ ساخته شده با نخ و گلوله به‌حالتی میرسیم که دوره نوسان آونگ با دوره نوسان مترونوم یکسان میشود . سپس طول نخ  $l$  و شعاع گلوله  $R$  را اندازه‌گیری کرده میتوان از فرمول

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l+R}{g}}$$

دوره نوسان آونگ را محاسبه نمود که برابر با دوره نوسان مترونوم خواهد بود . این عمل را باید برای تعداد هرچه بیشتر حالات و زنده مترونوم انجام داد . همچنین میتوان طول نخ را تغییر نداد . در این صورت دوره تناوب حرکت آونگ تنها یک دفعه محاسبه میشود . سپس بازای هر حالت وزنه مترونوم این موضوع تعیین میگردد که تعداد نوسانات کامل آونگ معادل چند ضربه مترونوم میباشد . با ضرب کردن تعداد نوسانات آونگ در دوره نوسان آن ، مدت زمان کار مترونوم را پیدا میکنیم . با تقسیم این مقدار بر تعداد ضربات مترونوم دوره نوسان آنرا تعیین میکنیم . این راه حل بعداً در شرح مسئله شماره ۷۵ بررسی خواهد شد .

۳۳- نردبان را کنار دیوار عمارت بلندی قرارداده و در ارتفاع  $4/9$  متری زمین علامتی روی دیوار میگذاریم . طول مدت سقوط سنگ از آن ارتفاع برابر است با

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4,9 \text{ m}}{9,8 \text{ m/s}^2}} = 1 \text{ s}$$

حال چیزیکه میماند باید چنان وضعی برای وزنه مترونوم انتخاب نمود که در مدت سقوط سنگ ، آونگ مترونوم یک نوسان کامل بکند .

۳۴- اگر در ارتفاع کم  $h$  بالای قاعده مکعب مستطیل نیروی افقی  $F$  (رجوع شود به شکل ۱۱) را وارد کنیم و این نیرو از حداکثر نیروی اصطکاک  $F_l = kP$  بیشتر باشد مکعب مستطیل بحرکت می‌آید ولی اگر این نیرو در ارتفاع نسبتاً زیاد وارد شود مکعب مستطیل ممکن است از جا تکان نخورده چپه شود . این امر موقعی صورت میگیرد که گشتاور نیروی  $F$  نسبت

به محوری که، مثلاً، "، قایم بر صفحه نقشه شکل از نقطه  $A$  عبور کند از گشتاور نیروی ثقل  $P$  نسبت به همان محور بیشتر شود :

$$Fh > P \frac{a}{2}$$

که  $a$  عرض مکعب مستطیل است .

لازم است نقطه اثر نیروی  $F$  را که نقطه بحرانی بین دو حالت است پیدا کنیم . آنگاه ضریب اصطکاک را میتوان با حل دستگاه

$$F = kP, \quad Fh = P \frac{a}{2}$$

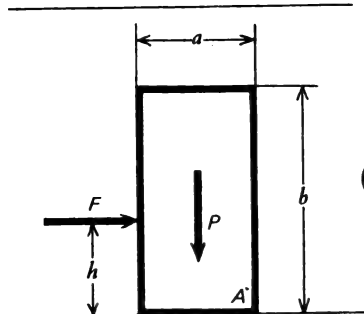
پیدا نمود :

$$k = \frac{a}{2h}$$

از اینجا برمیآید که تعیین ضریب اصطکاک از طریق آزمایش تنها در صورتی ممکن است که ارتفاع مکعب مستطیل  $b$  واجد شرط

$$b > \frac{a}{2k}$$

باشد .



شکل (۱۱)

۳۵- اگر گوی‌ها را کنار هم روی سطح شیب‌دار قرار داده و رها کنیم گوی مسی در موقع غلتیدن به پائین از گوی آلومینیمی عقب میماند . علت این پدیده آنستکه در حرکت چرخشی (حرکت غلتشی را میتوان بعنوان ترکیبی از حرکت انتقالی و حرکت چرخشی تلقی نمود) نه جرم جسم بلکه لنگرلختی آن تعیین کننده شتاب جسم میباشد .

لنگرلختی گوی مسی بیشتر است چون عناصر جزئی آن بطور متوسط دورتر از محور چرخش واقع است . (درباره لنگرلختی میتوان در هر کتاب درسی فیزیک جهت مدرسه عالی خواند) .

۳۶- باید تیرچه را از وسط طولش روی تکیه‌گاهی قرار داد (مثلاً، روی پشتی صندلی آن را متعادل سازید) و به یک انتهای آن، جسم مورد

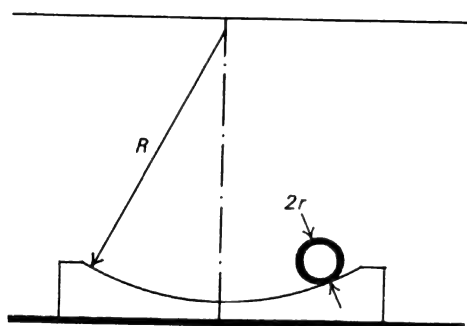
توزین را بست . حلقه‌ای از سیم روی انتهای دوم اهرم انداخته میشود . با کشیدن سیم بطور قائم در سمت پائین بآسانی میتوان دستگاه را بحالت تعادل آورد . هر قدر حلقه به تکیه‌گاه نزدیکتر باشد همانقدر نیروی متعادل کننده بیشتری لازم است و اگر فاصله تا تکیه‌گاه نسبتاً کم باشد این نیرو ممکن است از حد استحکام سیم تجاوز و سیم را پاره کند . با استفاده از شرط تعادل اهرم ، برای لحظه پارگی میتوان نوشت :

$$Pl_1 = \frac{\pi d^2}{4} \sigma l_2$$

که  $P$  وزن مطلوب جسم ،  $l_1$  فاصله جسم مورد توزین تا محور اهرم ،  $d$  قطر سیم ،  $\sigma$  حد گسیختگی مس و  $l_2$  فاصله حلقه تا تکیه‌گاه میباشد . فواصل  $l_1$  و  $l_2$  از روی تقسیمات تیرچه و  $\sigma$  از کتاب راهنما بدست میآید . برای تعیین قطر سیم از طریقه‌ای استفاده میشود که ماهیت آن با مشاهده شکل ۷ واضح است و تیرچه دوباره بعنوان خط کش بکار میآید .

۳۷- باید آینه را در وضع افقی قرارداد و گلوله را روی آن گذاشت . اگر گلوله خارج از پائین‌ترین نقطه قراردادده شود روی سطح آینه بحرکت خواهد آمد . بآسانی میتوان پی برد که اگر گلوله بدون چرخش حرکت کند (یعنی روی سطح آینه سربخورد) در آن صورت حرکت آن کاملاً " شبیه حرکت آونگی خواهد بود که طول نخ آن با  $R-r$  (شکل ۱۲) برابر است . آنوقت از فرمول آونگ

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R-r}{g}}$$



شکل (۱۲)

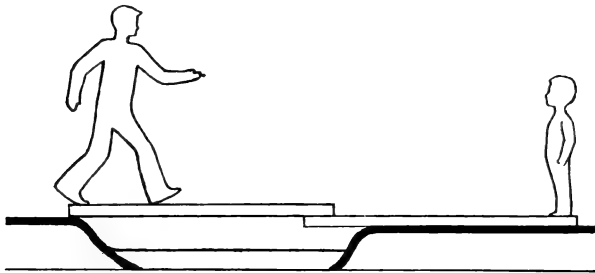
میتوان مقدار مورد نظر را یافت :

$$R = \frac{gT^2}{4\pi^2} + r$$

دوره نوسان  $T$  بکمک ثانیه شمار تعیین میشود در صورتیکه  $r$  طبق فرض مسئله معلوم است. نظریه اینکه معمولا " اصطکاک بقدر کافی زیاد است بطوریکه گلوله روی سطح آینه با چرخش حرکت میکند این جواب باتجربه چندان سازگار نیست. درواقع

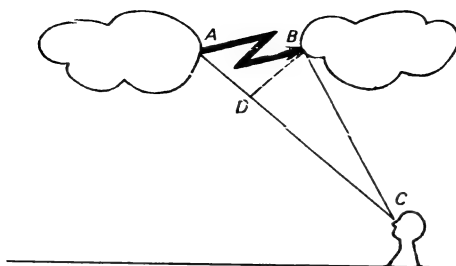
$$R = \frac{gT^2}{5,6\pi^2} + r \quad \text{و} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{1,4(R-r)}{g}}$$

۳۸- آنها باید مانند شکل ۱۳ رفتار کنند. اول مرد از روی تخته‌ها عبور کرده و در جای کودک قرار میگیرد سپس کودک از روی پل میگذرد.



شکل (۱۳)

۳۹- فرض میشود برق بین نقاط  $A$  و  $B$  دو ابر هم جوار (رجوع شود به شکل ۱۴) زده باشد. آدمی که در نقطه  $C$  قرار دارد اول صوت رسیده از نقطه  $B$  و سپس صوت رسیده از نقطه  $A$  را که دورتر است میشوند. این اختلاف بدین علت بوجود میآید که راه  $AC$  از راه  $BC$  بمقدار قطعه  $AD$  بیشتر است. اگر ناظر در شرایط مساعد قرار گرفته باشد (یعنی وقتی که نقاط  $A$ ،  $B$  و  $C$  عملا " در یک امتداد باشند) اختلاف  $AD$  با  $AB$  زیاد نیست. لذا با محاسبه فاصله  $AD$  از طریق ضرب طول مدت رعد در سرعت صوت، میتوان آنرا برابر طول درخشش برق تلقی نمود.



شکل (۱۴)

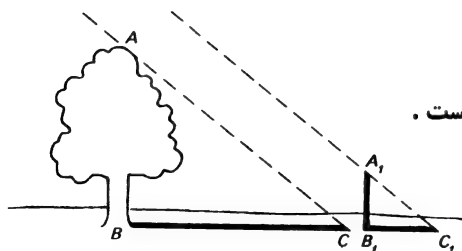
۰ ۴- اگر آزمایشگر کاملاً " نزدیک به ناقوس باشد صوت را در لحظه ضربه می‌شنود ولی با دور شدن وی از ناقوس ضربات صوتی و مرئی دیگر باهم تطبیق نیست چون برای عبور نوسانات صوتی از ناقوس تا شنونده خیلی بیشتر وقت لازمست تا برای نوسانات نوری (در اغلب موارد مهم از نظر تجربی، انتشار نور را میتوان آنی تلقی نمود) .

اول اختلاف وقت افزایش و بعد تقلیل پیدا کرده و در یک مسافت معین آدم دوباره ضربه را در عین حال می‌بیند و می‌شنود. بمرور که از ناقوس دور شویم این پدیده مرتب تکرار خواهد شد.

اولین دفعه این تطبیق بازای مسافتی صورت می‌گیرد که صوت بین دو ضربه متوالی طی میکند. ناظر با مشاهده ضربه صوت ضربه ضربه، می‌شنود. چون بنا بر فرض مسئله فاصله زمانی بین دو ضربه برابر ۱ ثانیه می باشد لذا کافی است که مسافت ناقوس تا محل تطبیق مجدد ضربه مرئی با صوتی اندازه گیری شود تا مقدار عددی سرعت صوت بدست آید.

۴۱- راه حل مسئله در شکل ۱۵ نمایش داده شده است. خط کش را بطور قائم قرارداده و طول سایه آنرا روی زمین علامتگذاری نموده  $(B_1C_1)$  سپس طول سایه خط کش و طول سایه درخت را اندازه می‌گیریم  $(BC)$ .

از تشابه مثلثهای  $ABC$  و  $A_1B_1C_1$  بدست می‌آوریم :



$$AB = BC \frac{A_1B_1}{B_1C_1}$$

که  $A_1B_1$  طول معلوم خط کش است.

شکل (۱۵)

۴۲- باید دگمه راه‌اندازی ثانیه‌شمار را در لحظه‌ای فشارداد که مقدار سرعت  $v_1$  با مقدار بعدی  $v_2$  روی صفحه چراغانی عوض میشود و ثانیه شمار را باید در لحظه‌ای متوقف کرد که عدد  $v_2$  با عدد  $v_3$  عوض میگردد.

اگر درست قبل از اولین تعویض اعداد روی صفحه چراغانی با سرعت  $v_1$  حرکت کنیم اتومبیل بعد از طی مسافت  $S$  در مدت زمان

$$t_1 = \frac{S}{v_1}$$

پای چراغ راهنمایی سبز میرسد.

اگر در اثنای تعویض عدد  $v_2$  با  $v_3$  روی صفحه (یعنی در لحظه متوقف کردن ثانیه‌شمار) حرکت را شروع کنیم در این صورت سرعت اتومبیل بایستی حداقل  $v_2$  باشد و مسافت  $S$  را در مدت زمان

$$t_2 = \frac{S}{v_2}$$

طی خواهد کرد.

بدیهی است که اختلاف  $t_1 - t_2$  برابر است با عدد  $t$  که ثانیه‌شمار نشان میدهد. بدین ترتیب

$$t = \left( \frac{S}{v_1} \right) - \left( \frac{S}{v_2} \right)$$

که از اینجا

$$S = \frac{v_1 v_2}{v_2 - v_1} t$$

برای مثال اگر  $v_1 = 45$  کیلومتر در ساعت،  $v_2 = 50$  کیلومتر در ساعت و  $t = 8$  ثانیه در این صورت

$$S = \frac{45 \text{ km/h} \cdot 50 \text{ km/h}}{50 \text{ km/h} - 45 \text{ km/h}} \cdot \frac{8}{3600} \text{ h} = 1 \text{ km}$$

۴۳- پسر بچه‌ها باید در آن واحد یکدیگر را هل داده و هریک مسافت طی شده خود  $S_1$  و  $S_2$  تا توقف کامل را اندازه بگیرند. با ضرب این مسافتها در جرمهای مربوطه و در ضریب اصطکاک  $k$  و درشتاب ثقل  $g$

کار نیروهای بازدارنده را تعیین میکنیم

$$A_2 = km_2 g S_2 \quad \text{و} \quad A_1 = km_1 g S_1$$

که البته هریک بترتیب برابر است با انرژی جنبشی اولیه

$$A_2 = \frac{m_2 v_2^2}{2} \quad \text{و} \quad A_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2}$$

از اینجا معادلات زیر بدست میآید :

$$kgS_2 = \frac{v_2^2}{2} \quad \text{و} \quad kgS_1 = \frac{v_1^2}{2}$$

با تقسیم این دو بریکدیگر بدست میآوریم :

$$\frac{S_1}{S_2} = \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^2$$

از طرف دیگر مقادیر جنبشی که پسر بچه‌ها در موقع هل دادن یکدیگر کسب کردند باید باهم برابر باشند یعنی

$$\left( \frac{v_1}{v_2} \right)^2 = \left( \frac{m_2}{m_1} \right)^2 \quad \text{یا} \quad m_1 v_1 = m_2 v_2$$

چون نسبت مجذور سرعتها در عبارتهای فوق باهم یکی است برای مقدار مطلوب بدست میآوریم :

$$\frac{m_2}{m_1} = \sqrt{\frac{S_1}{S_2}}$$

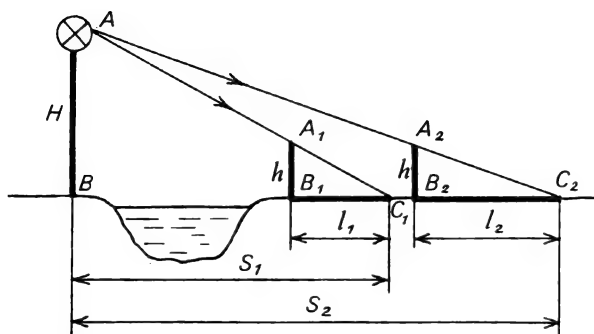
چون مسافتهای  $S_1$  و  $S_2$  در نتیجه اندازه‌گیری معلوم میباشد مسئله را میتوان حل شده تلقی نمود. منتها لازم به یادآوری است که نتیجه قابل اعتماد را فقط در صورتی میتوان بدست آورد که اندازه‌گیریها چندین مرتبه انجام و مقدار میانگین در نظر گرفته شده باشد.

۴۴- تیرچه چوبی را قائم روی زمین قرارداده و با متر فنی طول  $l_1$

سایه آن را اندازه میگیریم. سپس از ساحل کمی دور شده و از نو تیرچه را بطور قائم روی زمین قرارداده و طول  $l_2$  سایه آن را اندازه میگیریم. از تشابه مثلثهای  $ABC_1$  و  $A_1B_1C_1$  (شکل ۱۶) نسبت اضلاع متشابه را میتوان نوشت :

$$\frac{H}{h} = \frac{S_1}{l_1}$$





شکل (۱۶)

(همه علامات در شکل ذکر شده است) . با همان طریق از مثلثهای  $ABC_2$  و  $A_2B_2C_2$  داریم :

$$\frac{H}{h} = \frac{S_2}{l_2}$$

از نسبتهای بدست آمده  $S_1$  و  $S_2$  را تعیین میکنیم :

$$S_1 = \frac{H}{h} l_1 \quad (۱) \quad , \quad S_2 = \frac{H}{h} l_2 \quad (۲)$$

باکم کردن عبارت (۱) از عبارت (۲) بدست میآوریم :

$$S_2 - S_1 = \frac{H}{h} (l_2 - l_1)$$

از اینجا ارتفاع  $H$  تیر چراغ برابر است با

$$H = \frac{S_2 - S_1}{l_2 - l_1} h$$

برای جواب دادن به سوال دوم مسئله معادله (۱) را بر معادله (۲) تقسیم میکنیم :

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

با استفاده از خواص نسبتهای ثانوی داریم :

$$\frac{S_1}{S_2 - S_1} = \frac{l_1}{l_2 - l_1}$$

و از اینجا فاصله  $S_1$  تا تیر چراغ بدست می آید :

$$S_1 = \frac{S_2 - S_1}{l_2 - l_1} l_1$$

مقادیر  $h$  ،  $l_1$  ،  $l_2$  و  $S_2 - S_1$  که برای محاسبه  $H$  و  $S_1$  لازم است با متر فنی اندازه گیری میشود .

۴۵- مثلاً " ، دو راه حل زیر امکان پذیر است .

الف - لوله هفت تیر را بطور قائم بطرف بالا متوجه و تیر خالی میکنیم و با متر فنی ارتفاع  $h$  اوج پروازش را اندازه میگیریم . از قانون بقای انرژی

$$mv^2/2 = mgh$$

بآسانی عبارت زیر برای سرعت گلوله بدست می آید :

$$v = \sqrt{2gh}$$

ب - همچنین میتوان با هفت تیر درست افقی تیر خالی کرد و برد گلوله را اندازه گرفت .

اگر ارتفاع لوله هفت تیر بالای سطح زمین برابر  $h$  باشد در این صورت مدت پرواز گلوله

$$t = \sqrt{2h/g}$$

و در این مدت گلوله مسافت افقی

$$l = vt$$

را طی خواهد کرد . با حذف کردن زمان  $t$  از این دو معادله ، بدست می آوریم :

$$v = l\sqrt{g/2h}$$

۴۶- لوله هفت تیر را بطور قائم بطرف بالا گرفته و با ثانیه شمار مدت زمان  $t$  را از لحظه تیر اندازی تا اصابت گلوله به زمین تعیین میکنیم . ارتفاع  $h$  پرواز جسمی که قائم بطرف بالا با سرعت اولیه  $v_0$  پرتاب شود

بعد از گذشت زمان  $t$  پس از لحظه پرتاب از معادله

$$h = v_0 t - gt^2/2$$

یافت میشود. با قراردادن  $h = 0$  که جوابگوی دو حالت مبدأ و انتهای مسیر گلوله میباشد معادله ناقص درجه دوم

$$gt^2/2 - v_0 t = 0$$

را بدست میآوریم که جوابهای آن بصورت زیر میباشد :

$$t_2 = 2v_0/g \quad \text{و} \quad t_1 = 0$$

بآسانی میتوان دریافت که جواب اول به لحظه تیراندازی و جواب دوم به لحظه اصابت گلوله به زمین مربوط میشود. لذا  $t_2$  را برابر تمام مدت  $t_0$  پرواز گلوله قرارداده و بدست میآوریم :  $t_0 = 2v_0/g$  که از اینجا

$$v_0 = gt_0/2$$

یک راه حل سادهتری هم میتوان ارائه داد. چون سرعت گلوله در نقطه اوج صفر است لذا از رابطه

$$v_t = v_0 - gt = 0$$

مدت زمان اوج گرفتن گلوله را میتوان پیدا کرد :  $t = v_0/g$ . بعد بدست میآوریم :

$$t_0 = 2v_0/g$$

زیرا مدت سیر گلوله بطرف بالا و پائین یکی است. ولی نکته اخبرالذکر مستلزم اثبات جداگانه است (که اصولاً) چندان ساده نیست) و از طرف دیگر آشنائی با طریقه استدلال تشریح شده نیز مفید است چون ممکن است در حل مسایل پیچیدهتر بدردتان بخورد.

۴۷ - فرض کنیم پسریچه و دختر بچه توپ را بنوبت در خط افقی پرت کنند. در هر دومورد برد  $S_1$  و  $S_2$  را با متر فیزی اندازه میگیریم. برد پرواز توپ را میتوان بصورت سرعت اولیه ضرب در مدت پرواز توپ

نوشت . مقدار اخیر الذکر از بررسی حرکت قایم توپ حاصل میگردد . اگر ارتفاع مبدأ پرواز توپ  $h$  باشد دراینصورت

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

و برای بردهای پرواز ، بترتیب

$$S_2 = v_2 \sqrt{\frac{2h_2}{g}} \quad \text{و} \quad S_1 = v_1 \sqrt{\frac{2h_1}{g}}$$

بدست میآید . باتقسیم این دو عبارت بریکدیگر نسبت بردهای پرواز حاصل میشود :

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{v_1}{v_2} \sqrt{\frac{h_1}{h_2}}$$

و از اینجا نسبت سرعتها بدست میآید :

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_1}{S_2} \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

بدین ترتیب برای حل مسئله کافی است برد و ارتفاع مبدأ پروازهای توپ بامترفنی اندازه گیری شود . برای سادگی اندازه گیری و حل مسئله میتوان  $h_1$  و  $h_2$  را برابر همدیگر نمود و برای این منظور از بجه کوتاهتر خواهش کرد که روی زیرپائی دارای ارتفاع مناسب قرارگیرد . آنوقت

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_1}{S_2}$$

۴۸- لب رودخانه بایستید و دوشیئی بوضوح مرئی در ساحل آنطرف کنار آب انتخاب و همچنین یک ساقه گیاه پیدا کنید بنحویکه وقتی آنرا در دست کاملاً دراز شده گرفته اید جلو فاصله بین آن دو شیئی را بگیرید . بدیهی است که دراین موقع یکی از چشمهایتان باید بسته باشد .

سپس ساقه گیاه را از وسط تا کنید و از کنار آب دور شوید تا ساقه تاشده دوباره فاصله بین همان دوشیئی را بگیرید . سپس بین دونقطه توقفتان را اندازه بگیرید . همین فاصله با عرض رودخانه برابر خواهد بود .

در واقع هم ، از تشابه مثلثهای  $ABC$  و  $ODC$  (رجوع شود به شکل ۱۷-)

الف) میتوانیم بنویسیم :

$$(۱) \quad \frac{AB}{OD} = \frac{AC}{OC}$$

که  $AB$  فاصله بین دوشیئی و  $AC$  فاصله آن دوشیئی تا اولین نقطه مشاهده (یعنی عرض رودخانه) و  $OD$  اندازه ساقه گیاه و  $OC$  طول بازوی دراز شده میباشد. قیاس براین از تشابه مثلثهای  $ABG$  و  $EFG$  (رجوع شود به شکل ۱۷-ب) داریم :

$$\frac{AB}{EF} = \frac{AG}{EG}$$

$$\text{یا چون } EF = \frac{OD}{2} \quad \text{و} \quad EG = OC \quad \text{لذا}$$

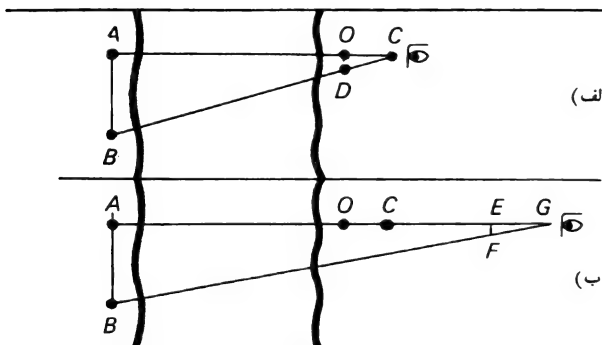
$$(۲) \quad \frac{2AB}{OD} = \frac{AG}{OC}$$

با تقسیم تساویهای (۱) و (۲) بریکدیگر این نتیجه را بدست می آوریم :

$$2 = \frac{AG}{AC}$$

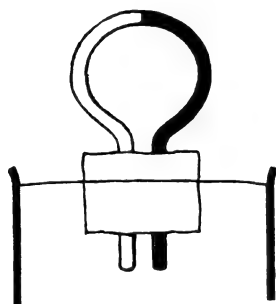
$$\text{و از اینجا} \quad AC = \frac{AG}{2} = CG$$

و اما مسافت  $CG$  را با قدم اندازه میگیریم .



شکل (۱۷)

۴۹- از مجموعه اشیائی که در فرض مسئله نام برده شده بآسانی میتوان یک پیل برقی ساخت. برای این منظور از محلول نشادر درآب بعنوان الکترولیت و از سیم مسی و صفحه روی بعنوان الکترود استفاده میشود. بعبور دادن سیم از وسط چوب پنبه میتوان الکترود شناوری مطابق شکل ۱۸ درست کرد.



شکل (۱۸)

اگر الکترودها را باسیم‌پیچی که ازچند دورسیم تشکیل شده مسدود کنیم جریان برق در مدار جاری میشود و سیم‌پیچ درامتداد نصف‌النهار قرار میگیرد. چون علامت قطبین پیل ساخته شده مشخص است (مس - قطب مثبت، روی - قطب منفی) بآسانی میتوان، مثلاً " بااستفاده از قاعده پیچ، قطبهای سیم‌پیچ و سپس سمت قطب شمال وجنوب کره‌زمین را تعیین کرد.

۵۰- قبل از هرچیز بانقاله ووزنه اکلیمتر ابتدائی یعنی وسیله مخصوص اندازه‌گیری زاویه  $\alpha$  بین امتداد افقی وسمت  $AB$  یک‌نقطه، درست میکنیم (وسیله در شکل ۱۹ نشان داده شده است). سپس نعلیکی با جیوه را روی زمین قرار میدهیم و تا فاصله‌ای از آن دور میشویم که عکس سر برج را درآن مشاهده کنیم وبعداز این با اکلیمتر زوایای  $\alpha$  و  $\beta$  را که در شکل ۲۰ نشان داده شده اندازه میگیریم. از مثلث  $ABC$  داریم:

$$AB = BC \operatorname{ctg} \alpha = (L - h) \operatorname{ctg} \alpha$$

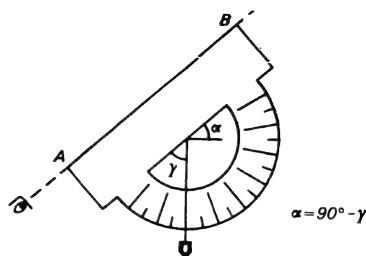
ازطرف دیگر

$$AB = AE + EB$$

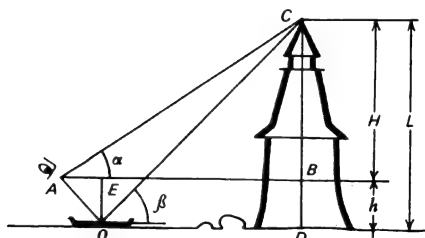
درضمن

$$EB = DC \operatorname{ctg} \beta = L \operatorname{ctg} \beta \quad \text{و} \quad AE = OE \operatorname{ctg} \beta = h \operatorname{ctg} \beta$$

شکل (۱۹)



شکل (۲۰)



باقرار دادن این مقادیر در فرمول فوق و مساوی هم قراردادن دو عبارت  $AB$  ، عبارت زیر را بدست میآوریم :

$$(L-h)ctg\alpha = hctg\beta + Lctg\beta$$

وازاینجا

$$L = \frac{ctg\alpha + ctg\beta}{ctg\alpha - ctg\beta} h = \frac{tg\beta + tg\alpha}{tg\beta - tg\alpha} h$$

که  $h$  ارتفاع چشم آدم بالای سطح زمین میباشد و طبق فرض مسئله معلوم است .

۵۱- با افزایش ارتفاع بالای سطح دریا فشار جو روبه کاهش میرود . ازطرف دیگر با تقلیل فشار ، نقطه غلیان آب پائین میآید . بعضی اوقات کوهنوردان از این پدیده برای تعیین ارتفاع صعود استفاده میکنند . نتیجه دقیق با استفاده از جداول مخصوص بدست میآید ولی برای تخمین کافی است این نکته یادتان باشد که باهره ۱۰ متر صعود ، نقطه غلیان ۳/۰ درجه سانتیگراد پائین میآید .

۵۲- فرض میشود که در فاصله نامشخص  $R$  از منبع نور میزان روشنائی بالوکسمتر ( نورسنج ) اندازه گیری شده و برابر  $E_1$  باشد . تافاصله  $d$  از آن نقطه دور میشویم و از نو لوکسمتر را بکار میبریم . فرض کنیم این دفعه لوکسمتر مقدار  $E_2$  را نشان داده باشد . براساس قوانین مربوط

به مفهوم میزان روشنائی میتوان نوشت :

$$E_1 = \frac{I}{R^2}, \quad E_2 = \frac{I}{(R+d)^2}$$

باتعیین  $R$  از عبارت اول و قراردادن مقدار بدست آمده در عبارت دوم ، معادله زیر بر حسب شدت نور  $I$  حاصل میشود :

$$E_2 = \frac{I}{(\sqrt{I/E_1} + d)^2}$$

مقدار  $d$  که برای محاسبه لازم است با متر فتری تعیین میشود .

۵۳- برجسمی که نسبت به دستگاه در حال چرخش بی حرکت باشد مثلاً " برمجسی که روی صفحه گرامافون نشسته است نیروی داخلی این دستگاه وارد میگردد که نیروی گریز از مرکز نام دارد و میخواهد جسم را از محور گردش دورسازد . اگر جسم نسبت به دستگاه در حال چرخش بحرکت درآید (اگر مگس روی صفحه راه برود) دراینصورت اعم از گردش چپ یا راست صفحه ، یک نیروی دیگر نیز پیدا میشود که بنام نیروی کوریولیس معروف است و در جهت عمود بر سمت سرعت حرکت جسم اثر میکند .

افراد بشر که روی کره زمین حرکت میکنند فقط بدین علت متوجه این نیرو نمیشوند که مقدار آن بخاطر کندی نسبی گردش زمین ناچیز است . ولی همانا نیروی کوریولیس باعث میشود که تمام رودخانه های نیم کره شمالی که در جهات مختلف جریان دارند بیشتر ساحل راست خود و رودخانه های نیم کره جنوبی بیشتر ساحل چپ خود را بشویند (این قانون را ک . م . بر جغرافیدان روسی در سال ۱۸۵۷ بیان کرده است) . بهمین علت بادهای جریانه های دریائی در نیم کره شمالی در سمت راست و در نیم کره جنوبی در سمت چپ از مسیر خود منحرف میشوند .

نیروی کوریولیس تنها در صورتی از بین میرود که سرعت جسم در امتداد محور گردش دستگاه باشد . برعکس اگر جسم در جهت عمود بر محور حرکت کند نیروی کوریولیس به حداکثر میرسد .

با استفاده از این اطلاعات میتوان بطریق زیر مسئله را حل نمود .

کافی است روبرطرف محیط دایره قرار بگیرید و گلوله را پرت کنید که



بغلند. بخاطر چرخش. سکو و پیدایش نیروی کوریولیس در اثر چرخش، مسیر گلوله مستقیم نیست. اگر گلوله از مسیر مستقیم بطرف راست منحرف گردد در اینصورت چرخش در جهت گردش عقربه ساعت صورت میگیرد (اگر از بالا به سکو نگاه کنیم) و برعکس.

ناگفته نماند که حل مسئله بدون استفاده از مفهوم نیروی کوریولیس نیز براساس قانون اول دینامیک (قانون ماند) امکان پذیر است.

۵۴- ذرات کف صابونی که روی آب تمیز افتاده باشد به همه طرف پخش میشود و علت آن تقلیل نیروی کشش سطحی آب در اثر حل شدن صابون میباشد.

۵۵- اگر بچه‌ها باکشیدن طناب بهمدیگر نزدیک شوند شتاب قایقها تنها در صورتی یکسان خواهد بود که جرم قایقها یکی باشد چون طبق قانون سوم نیوتن نیروهای وارد بر قایقها باهم برابرند:

$$a_2 = F/m_2 \quad \text{و} \quad a_1 = F/m_1$$

در اینصورت مسافتهای طی شده قایقها تا نقطه تلاقی نیز باهم برابر از کاردر میآید چون مسلماً " مدت حرکت آنها یکی است:

$$S_2 = a_2 t^2 / 2 \quad \text{و} \quad S_1 = a_1 t^2 / 2$$

بدین ترتیب پسر بچه‌ها برای اینکه از تساوی جرمها اطمینان حاصل کنند باید بحالتی برسند که قایقها تا محل تلاقی مسافتهای متساوی طی کنند. مقایسه راههای طی شده آسان است اگر فواصل متساوی بکمک طناب اندازه‌گیری شود.

۵۶- فرض کنیم آدم روی دماغه قایق ساکنی ایستاده باشد. در این صورت مجموع مقادیر حرکت قایق و آدم برابر صفر است. اگر از مقاومت آب چشم‌پوشی شود ( این امر در سرعتهای کم امکان‌پذیر است ) این مجموع در تمام موارد ثابت است حتی وقتی که آدم به طرف عقب قایق حرکت نماید. لذا میتوان نوشت:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = 0$$

که شاخصهای ۱ و ۲ بترتیب مقادیر مربوط به آدم و قایق را مشخص میکند .  
طرفین معادله را ضرب میکنیم در مدت زمانی که آدم از دماغه تا عقب  
قایق میرود و بدست میآوریم :

$$m_1 S_1 + m_2 S_2 = 0 \quad \text{یا} \quad m_1 v_1 t + m_2 v_2 t = 0$$

و از اینجا

$$m_2 = -m_1 \frac{S_1}{S_2}$$

علامت منفی نشان میدهد که قایق در جهت خلاف حرکت آدم جابجا  
میشود لذا میتوان از این علامت صرف نظر کرد :

$$m_2 = m_1 \frac{S_1}{S_2}$$

در این عبارت  $S_1$  و  $S_2$  بترتیب تغییر مکان آدم و قایق را نسبت به آب  
ساکن نمایش میدهد (تغییر مکانهای مطلق) . با در نظر گرفتن تغییر مکان  $l$   
آدم نسبت به قایق ، رابطه فی مابین را میتوان بصورت زیر نوشت :

$$S_1 = l - S_2$$

بدین ترتیب

$$m_2 = m_1 \frac{l - S_2}{S_2}$$

بنابراین با اندازه گیری طول قایق و مسافت طی شده آن میتوان جرم  
قایق را محاسبه نمود چونکه طبق فرض مسئله جرم آدم معلوم است .  
از آنجا که در عبارت اخیر نسبت قطعه های  $l - S_2$  و  $S_2$  در کار است  
لزومی ندارد بر حسب واحدهای مورد استعمال همگانی بیان شود . مثلاً  
میتوان یک ترکه کوچک برداشت و با آن این قطعه ها را اندازه گرفت .  
بطوریکه می بینید بدون طناب هم میتوان عمل کرد . با وجود این ،  
راحت تر است اگر روی طناب دو قطعه  $S_2$  و  $l - S_2$  را جدا نموده و سپس  
قطعه های طناب را اندازه بگیریم .

۵۷ - با احتمال قوی سیاح رادیویی خود را در لحظه ای خاموش  
کرد که اولین علامت وقت دقیق را شنید و در عین حال وقت را از روی  
ساعتش خواند . هنگامی هم که همان علامت از بلندگوی اردوگاه  
به گوشش رسید دوباره وقت را از روی ساعت خواند . اختلاف وقت  $\Delta t$

ضرب در سرعت صوت  $v$  برابر است با فاصله محل اطراق تا اردوگاه:

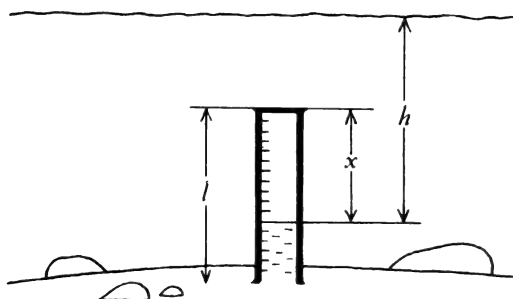
$$l = v \Delta t$$

میتوان از طریق محاسبه نتیجه‌گیری کرد که بازای فاصله ۳ کیلومتری، خطای نسبی حداکثر ۱۰٪ می‌باشد و این نتیجه چندان بد نیست.

بدیهی است که این مسافت را از طریق دیگر نیز، غیر از طریق علامات وقت دقیق، میتوان برآورد کرد مثلاً "آخر یک جمله گوینده رادیو را میتوان بجای سیگنال وقت دقیق انتخاب نمود. ولی با استفاده از علامات وقت دقیق که هر ساعت از رادیو پخش میشود حتی بدون استفاده از ساعت میتوان بطور تقریبی فاصله تا اردوگاه را تعیین کرد در صورتیکه خیلی زیاد نباشد. در حقیقت هم، اگر فرضاً "پنجمین علامت وقت دقیق (یادآوری می‌کنیم که در اتحاد شوروی شش علامت با فاصله یک ثانیه از رادیو پخش میشود) از رادیوجیبی سیاحان با اولین علامت رسیده از بلندگوی اردوگاه منطبق شده باشد این امر میرساند که صوت ظرف ۴ ثانیه فاصله بین اردوگاه و محل اطراق را طی کرده است. با ضرب این زمان در سرعت صوت، مسافت مستقیم تا اردگاه را تعیین میکنیم. بسهولت میتوان دید که شیوه بکار رفته شبیه همان شیوه‌ای است که در شرح حل مسئله شماره ۴۰ آمده است.

۵۸ - این مسئله بکمک قانون ((بویل - ماریوت)) حل میشود.

غواص قورباغه‌ای در حالیکه دهانه پیمانه را بطرف پائین گرفته باید به کف دریاچه برود و دقت کند که سطح آب داخل پیمانه روی کدام درجه می‌ایستد (رجوع شود به شکل ۲۱).



شکل (۲۱)

درفشار جو متعارفی  $p_0$  ، هوای داخل پیمانه حجم

$$V_1 = lS$$

را اشغال میکرد که  $l$  ارتفاع و  $S$  مساحت مقطع عرضی پیمانه میباشد .  
درکف دریاچه فشار تا مقدار

$$p = p_0 + dgh$$

افزایش می یابد که  $h$  عمق مطلوب دریاچه ،  $d$  چگالی آب و  $g$  شتاب ثقل است . لذا حجم هوای داخل پیمانه تا

$$V_2 = xS$$

تقلیل مییابد که  $x$  ارتفاع ستون هوای داخل پیمانه در کف دریاچه میباشد .

بافرض اینکه درجهء حرارت و چگالی آب در عمقهای مختلف بلا تغییر است ، براساس قانون ((بویل - ماریوت)) داریم :

$$p_0 lS = (p_0 + dgh) xS$$

و از اینجا بعد از تبدیلات ساده بدست میآوریم :

$$h = \frac{p_0}{dg} \cdot \frac{l-x}{x}$$

تازه هم اصلاً "مهم نیست که مقادیر  $l$  و  $x$  برحسب کدام واحد بیان شود. مثلاً" این مقادیر را میتوان برحسب واحد تقسیمات روی پیمان بیان نمود و در فرمول قرارداد. اصل موضوع اینجاست که در عبارت نهائی ، نسبت مقادیر همگن  $l-x$  و  $x$  وارد است و نتیجتاً "مقدار این نسبت به نوع واحد طول بستگی ندارد. نظر به اینکه فشار جو بکندی تغییر میکند میتوانیم آنرا مقداری ثابت و برابر با  $1.0 \times 10^{-3} / 1$  نیوتن بر مترمربع تلقی کنیم. قیاس براین ، چگالی آب (۱۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب) و شتاب ثقل زمین (۹/۸ متر بر ثانیه بر ثانیه) عملاً " ثابت است .

واضح است که بجای پیمانه استوانه ای میتوان از پیمانه مخروطی استفاده نمود. در این صورت معادله قانون ((بویل - ماریوت)) باین شکل در می آید :

$$p_0 V_1 = (p_0 + dgh) V_2$$

که  $V_1$  و  $V_2$  بترتیب، حجم هوای داخل پیمانه روی سطح آب و روی کف دریاچه می باشد و از روی تقسیمات روی جدار پیمانه تعیین میشود.

بهتر است که در هردو مورد تقسیمات روی پیمانه سرتاسر، از پائین تا بالا باشد. درغیراین صورت باید پیمانه را کمی در آب فروکرده مقداری آب در آن وارد شود و تا ابتدای تقسیمات برسد.

۵۹- لازم است وزنه مانند شکل ۲۲ به نخ ماهیگیری بسته شود و سپس در سمت مشخص شده با سهم کشیده شود.

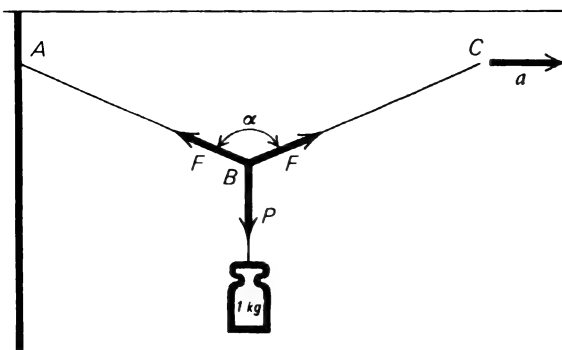
میان نیروهای  $P$  و  $F$  رابطه

$$P = 2F \cos \frac{\alpha}{2}$$

برقرار است که از آن

$$F = \frac{P}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{mg}{2 \cos \frac{\alpha}{2}}$$

با کشیدن بیشتر نخ ماهیگیری، زاویه  $\alpha$  را افزایش میدهیم و در نتیجه نیروی کشش  $F$  زیاد میشود. زاویه ای را که بازای آن نخ پاره میشود با نقاله اندازه میگیریم و میتوانیم بارمجاز را محاسبه نمائیم.



شکل (۲۲)

اگر نخ ماهیگیری حتی بازای  $\alpha = 0^\circ$  پاره شود باید آنرا از وسط تا کرده و عمل مذکور را دوباره انجام داد و نتیجه بدست آمده را تقسیم بر دو کرد.

۶۰- فرمول

$$F = \frac{mg}{2 \cos \frac{\alpha}{2}}$$

را که در نتیجه حل مسئله قبلی بدست آمده میتوان بصورت زیرنوشت:

$$F = \frac{mg}{2 \sqrt{1 - \sin^2 \frac{\alpha}{2}}} = \frac{mg}{2 \sqrt{1 - \left( \frac{AC}{AB} \right)^2}}$$

باکشیدن نخ ماهیگیری لازم است فاصله نقاط  $A$  و  $C$  را در لحظه پارگی و نیز  $AB$  نصف طول نخ را تعیین نمود. این اندازه‌گیری‌ها بوسیله متر فنی انجام میگردد.

۱- با افزایش دادن سرعت دوران وزنه بسته شده به نخ به حالت پارگی نخ میرسیم. نیروی جاذب بطرف مرکز  $F$  که در جسم چرخنده اثر میکند برابر است با

$$F = \frac{mv^2}{R} = 4\pi^2 n^2 m R$$

که  $n$  تعداد دور در واحد زمان (در ثانیه)،  $m$  جرم جسم چرخنده، شعاع دوران و  $v$  سرعت خطی جسم است.

از عبارت مذکور برمی‌آید که نیروی جاذب بطرف مرکز باید با تعداد دور افزایش یابد. ولی  $F$  عملاً نمی‌تواند بینهایت زیاد شود چون این نیرو بخاطر کشیدگی نخ که نمی‌تواند از مقدار  $\frac{\pi d^2}{4} \sigma$

تجاوز کند بوجود می‌آید که  $d$  قطر نخ و  $\sigma$  حدگسیختگی جنس نخ میباشد با مساوی هم قرار دادن دو عبارت اخیر، مقدار مورد نظر را بدست

$$\sigma = \frac{16\pi n^2 m R}{d^2} \quad \text{می‌آوریم:}$$

مقدار بحرانی دور که برای محاسبه لازم است از طریق شمارش تعداد دور در فاصله زمان معین در سرعت یک خرده کمتر از سرعت بحرانی تعیین میشود.

۲- اول بکمک ثانیه‌شمار مدت زمان  $t_1$  از لحظه اصابت سنگ به آب تا لحظه رسیدن امواج ایجاد شده به ساحل و نیز تعداد امواج  $n$  که در مدت  $t_2$  به ساحل میرسند تعیین میشود. فاصله بین دوگرده یا دوگودی یعنی طول موج  $\lambda$  را میتوان گرچه نادقیق، بوسیله خطکش تعیین کرد. واضح است که میتوان فاصله مطلوب را بصورت زیر نوشت:

$$x = vt_1$$

که  $v$  سرعت انتشار موج میباشد. نظریه‌ای که

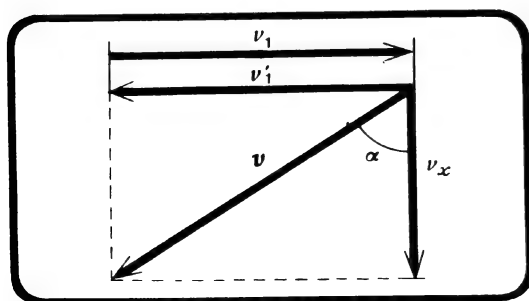
$$v = \lambda \nu$$

( $\nu$  فرکانس موج است :  $\nu = \frac{n}{t_2}$ ) لذا

$$x = \lambda \nu t_1 = \lambda \frac{t_1}{t_2} n$$

۳- اگر قطار از چپ به راست با سرعت  $\nu_1$  حرکت کند در آن صورت قطره‌ها دارای همان سرعت  $\nu'_1$  منتها در جهت معکوس میباشند. علاوه براین، قطره‌های باران از بالا به پائین نیز نسبت به واگن با سرعت مجهول  $\nu_x$  حرکت میکنند. بردار سرعت منتهجه  $\nu$  بطوریکه از شکل ۲۳ هویدا است زاویه  $\alpha$  را با قایم تشکیل میدهد که واجد شرط

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\nu'_1}{\nu_x}$$



شکل (۲۳)

میباشد. از این عبارت سرعت سقوط قطرات باران بدست میآید

$$\nu_x = \nu'_1 \operatorname{tg} \alpha$$

زاویه  $\alpha$  بکمک نقاله تعیین میشود و سرعت  $\nu_1$  قطار از روی زمان حرکت قطار بین دوتیرک کیلومتری متوالی (این تیرکها حتی در هوای بارانی بخوبی دیده میشوند) محاسبه میگردد.

۴- قطره باران نسبت به اتومبیل در عین حال دونوع حرکت را انجام میدهد - در دوسمت قایم وافقی. سرعت منتهجه  $\nu$  زاویه  $\alpha$  را نسبت به قایم تشکیل میدهد و ضمناً (رجوع شود به شرح حل مسئله قبل).

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\nu_a}{\nu_x}$$





۶۶- از مثلث  $ACD$  که در شکل ۲۴ نشان داده شده پیدامیکنیم :

$$F = \sqrt{R^2 - P^2} \quad \text{و} \quad (AD)^2 = (DC)^2 - (AC)^2$$

تساوی اخیر را میتوان بصورت

$$m_a = \sqrt{R^2 - P^2}$$

نمایش داد و در نتیجه

$$a = \frac{\sqrt{R^2 - P^2}}{m} = g \frac{\sqrt{R^2 - P^2}}{P} = g \sqrt{\left(\frac{R}{P}\right)^2 - 1}$$

که  $P$  نشان داده نیروسنج در قطار ساکن یا در حال حرکت یکنواخت و  $R$  نشان داده نیروسنج در قطار در حال حرکت متشابه‌التغییر تند شونده میباشد .

۶۷- با اندازه‌گیری زاویه  $AOB$  (رجوع شود به شکل ۲۴) بوسیله  
نقاله ، از رابطه

$$\operatorname{tg} \angle AOB = \operatorname{tg} \angle ACD = \frac{F}{P} = \frac{ma}{mg} = \frac{a}{g}$$

شتاب قطار را پیدا می‌کنیم :

$$a = g \operatorname{tg} \alpha$$

۶۸- در اثر تغییر درجه حرارت از  $t_1$  به  $t_2$  شعاع چرخ از  $r_1 = r_0(1 + \alpha t_1)$  به  $r_2 = r_0(1 + \alpha t_2)$  و طول محیط دایره از

$$l_1 = 2\pi r_1 = 2\pi r_0(1 + \alpha t_1) = l_0(1 + \alpha t_1)$$

به

$$l_2 = l_0(1 + \alpha t_2)$$

تغییر خواهد کرد لذا در یک فاصله  $L$  تعداد دور از  $N_1 = \frac{L}{l_1} = \frac{L}{l_0(1 + \alpha t_1)}$

تغییر خواهد کرد . با تقسیم  $N_2 = \frac{L}{l_0(1 + \alpha t_2)}$  به

این عبارات بریکدیگر بدست می‌آوریم :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t_2}$$

و از اینجا

$$\alpha = \frac{N_2 - N_1}{N_1 t_1 - N_2 t_2}$$

که  $N_1$  و  $N_2$  از روی دور شمار و  $t_1$  و  $t_2$  بکمک دماسنج تعیین می شود .  
 برای چرخ فولادی  $\left(\frac{1}{r_{\text{رجه}}}\right)^{-5} \cdot 10^{-5} \cdot (1/2 \times 1) = \alpha$  ( بشعاع ۵/۰ متر در  
 مسافت ۱۰۰ کیلومتر اختلاف تعداد دور بازی تغییر درجه حرارت هوا از  
 ۲۵- تا ۲۵+ درجه سانتیگراد (آزمایش را باید در فصول مختلف سال  
 انجام داد- در تابستان و زمستان!) فقط ۱۹ دور می باشد . لذا این  
 طریقه چندان دقیق نیست .

۹-۶ اول باید به اتومبیل سرعت داد سپس موتور را از چرخهای  
 محرک جدا نمود (یعنی کلاچ گرفت) و سرعت  $v$  و مسافت  $S$  تا توقف  
 کامل را از زوی صفحه سرعت سنج خواند . بابرابر کردن انرژی جنبشی  
 اتومبیل با کار نیروهای بازدارنده

$$\frac{mv^2}{2} = mgkS$$

ضریب مقاومت در برابر حرکت اتومبیل را پیدامی کنیم :

$$k = \frac{v^2}{2gS}$$

مسافت طی شده را با سانی میتوان از روی ارقام طرف راست صفحه  
 سرعت سنج (بر حسب ۱۰۰ متر) تا دقت ۵۰ متر تعیین کرد (باتجربه  
 زیاد- حتی تا دقت ۳۰ متر) . عقبه سرعت سنج امکان میدهد سرعت را  
 با خطای حداکثر ۲ کیلومتر در ساعت تعیین کنیم . با استفاده از  
 فرمولهای نظریه خطاها میتوان ثابت کرد که بازی سرعت ۸۰ کیلومتر در  
 ساعت و مسافت طی شده ۶۰۰ متر خطای نسبی در تعیین  $k$  عدد زیر را  
 بدست میدهد :

$$\frac{\Delta k}{k} = \frac{2\Delta v}{v} + \frac{\Delta S}{S} = \frac{2 \cdot 2}{80} + \frac{30}{600} = 0,1 = 10\%$$

و این نتیجه چندان بد نیست .

۷-۰ برای اینکه چوب چهارگوش را روی سطح شیبدار بطرف بالا  
 بحرکت یکنواخت واداریم لازم است نیروی  $F_3$  را به آن وارد نمائیم و  
 این نیرو باید عبارت باشد از مجموع نیروی اصطکاک  $F = kP \cos \alpha$  و  
 مولفه  $F_1$  وزن چوب که با سطح شیبدار موازی است . مطابق باشک ۲۵  
 داریم :

$$F_3 = kP \cos \alpha + P \sin \alpha$$

قیاس براین، نیروی  $F_4$  را نیز بدست می‌آوریم که چوب را حرکت بکنواخت بطرف پائین وامیدارد:

$$F_4 = kP \cos \alpha - P \sin \alpha$$

معادله دوم را از معادله اول کم کرده و بدست می‌آوریم:

$$F_3 - F_4 = 2P \sin \alpha$$

وازا اینجا

$$\sin \alpha = \frac{F_3 - F_4}{2P}$$

چون نیروهای  $F_3$ ،  $F_4$  و  $P$  را میتوان بکمک نیروسنج تعیین کرد این عبارت امکان میدهد سینوس زاویه شیب را محاسبه و سپس مقدار زاویه را از جدول پیدا کنیم.

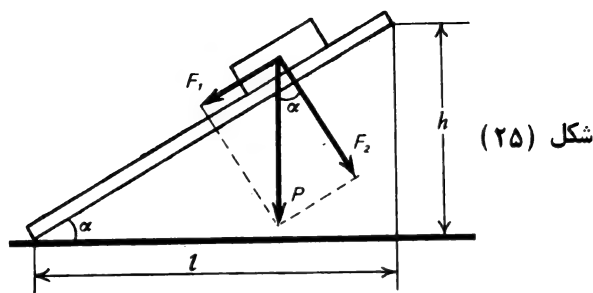
درمورد شیب کم احتیاج به جدول نیست چون بازای زوایای کوچک

$$\sin \alpha \approx \alpha$$

برشطیکه زاویه  $\alpha$  برحسب رادیان باشد. دراینصورت

$$\alpha = \frac{F_3 - F_4}{2P}$$

مقدار بدست آمده را ضرب در  $\frac{57}{\text{رادیان درجه}}$  نموده مقدار تقریبی زاویه شیب را برحسب درجه بدست می‌آوریم.



۷۱- با استفاده از سیمهای رابط موجود، مداری از لامپ وباطری میسازیم و قطب نما را زیر یکی از سیمها در قسمت مستقیم آن قرار میدهیم. حوزه مغناطیسی عقربه قطب نما را میچرخاند. بادانستن جهت گردش و بااستفاده از قاعده پیچ میتوان جهت جریان برق مدار و سپس علامت قطب های باطری را نیز تعیین نمود.

ازنظر حل مسئله، وجود لامپ واجب نیست چونکه نقش آن فقط در

تحدید جریان مدار خلاصه میشود بطوریکه وقتی باطری را برای یک مدت کوتاه مورد استفاده قرار میدهیم هیچ جای نگرانی نیست .

۷۲- هادیهای برق را باید به قطبهای باطری وصل و سرازاد آنها را در لیوان پراز آب فروکرد . آنوقت در لیوان آب الکترولیز آب شروع میشود که نشانه آن تصاعد حبابهای گاز از روی سر هادیهای برق در زیر آب میباشد (جهت تشدید پدیده الکترولیز باید یک قطره اسید سولفوریک را در لیوان چکاند) .

چون مولکول آب از دو اتم هیدروژن و فقط یک اتم اکسیژن ترکیب یافته و نظر به اینکه تعداد مولکولها در حجمهای متساوی گاز باید یکی باشد لذا مقدار هیدروژن ناشی از الکترولیز باید دوبرابر بیشتر باشد . بنابراین با توجه باینکه دور کدام الکتروود تعداد بیشتر حبابها دیده میشود میتوان تشخیص داد گاز هیدروژن کجا بوجود میآید . بعد از این مشکل نیست پی ببریم که کدام هادی برق به کدام قطب وصل است چون یونهای هیدروژن دارای بار مثبت میباشند لذا این گاز باید روی کاتد بوجود آید .

۷۳- هادیهای مسی را به محل اتصال باطری وصل و سرازاد آنها را در سیبزمینی فرو می کنیم . عبور جریان برق باعث الکترولیز آب سیب زمینی میگردد . در اثر این پدیده در اطراف هادی برق متصل به قطب منفی باطری هیدروژن و در اطراف هادی برق متصل به قطب مثبت اکسیژن تولید میشود . اکسیژن در اثر ترکیب با مس تولید اکسیدها و بازها مینماید که یونهای آنها به محیط اطراف هادی مربوطه رنگ آبی مایل به سبز میبخشد در صورتیکه محیط اطراف هادی دوم تغییر رنگ نمیدهد . بنابراین ، آن هادی که سیبزمینی اطراف آن سبز میشود به قطب مثبت وصل شده است .

۷۴- بکمک ثانیه سنج زمان  $t$  حرکت حلقه روی جاده تا مسافت  $l$  را تعیین میکنیم . مسافت  $l$  بوسیله کیلومتر شمار اتومبیل اندازه گیری و یا براساس طول دایره چرخ محاسبه میگردد . در ضمن ، انرژی پتانسیل حلقه بمقدار

$$\Delta \Pi = mgh = mgl \sin \alpha$$

کم میشود که  $\alpha$  زاویه مطلوب است. کاهش انرژی پتانسیل برابر است با افزایش انرژی جنبشی (سینتیک) حلقه. اگر حلقه بجای غلطیدن روی سطحی سر میخورد انرژی جنبشی آنرا میشد بافرمول

$$T = \frac{mv^2}{2}$$

محاسبه نمود که  $v$  سرعت حرکت مرکز حلقه و  $m$  جرم آن میباشد. ولی انرژی جنبشی حلقه در حال غلطیدن عبارت است از مجموع دو مقدار - یکی انرژی جنبشی مربوط به حرکت انتقالی و دیگری انرژی

$$T = T_1 + T_2 \quad \text{جنبشی مربوط به حرکت دورانی} :$$

لذا برای تعیین انرژی جنبشی حلقه در حال حرکت، اول انرژی جنبشی حرکت انتقالی را بدون توجه به حرکت دورانی و سپس انرژی جنبشی حرکت دورانی را با فرض ثابت بودن مرکز حلقه، محاسبه و مقادیر بدست آمده را جمع می‌کنیم.

در حالت کلی، محاسبه انرژی جنبشی جسم گردان کم و بیش مشکل است چون نقاط مختلف الشعاع دارای سرعت‌های متفاوت هستند. و اما در مورد حلقه، این مسئله خیلی ساده‌تر است چونکه تمام نقاط آن نسبت به محور ماربر مرکز ثقل در یک فاصله هستند که با شعاع حلقه برابر است.

اگر سرعت حرکت مرکز حلقه نسبت به زمین  $v$  باشد در آن صورت سرعت همه نقاط حلقه نسبت به مرکزش همان سرعت  $v$  خواهد بود. بنابراین، جمله دوم طرف راست عبارت فوق را میتوان بصورت زیر درآورد:

$$T_2 = \frac{m_1 v^2}{2} + \frac{m_2 v^2}{2} + \dots + \frac{m_n v^2}{2} = \frac{v^2}{2} (m_1 + m_2 + \dots + m_n) = \frac{mv^2}{2}$$

که،  $m_i$  جرم نقاط جداگانه حلقه است که همه باهم جرم  $m$  تمام حلقه را تشکیل میدهند.

پس، برای انرژی جنبشی کامل بدست می‌آوریم:

$$T = \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = mv^2$$

اگر حرکت حلقه را متشابه تغییر تند شونده فرض کنیم، سرعت نهائی آن

$v$  بعد از طی مسافت  $l$  در مدت زمان  $t$  را تعیین میکنیم :

$$v = \frac{2l}{t}$$

و عبارت انرژی جنبشی حلقه بصورت زیر درمیآید :

$$T = \frac{4ml^2}{t^2}$$

این مقدار را با مقدار کاهش انرژی پتانسیل برابر کرده فرمول زیر را بدست میآوریم :

$$mgl \sin \alpha = \frac{4ml^2}{t^2}$$

از اینجا میتوان سینوس زاویه شیب جاده را پیدا کرد :

$$\sin \alpha = \frac{4l}{gt^2}$$

تمام مقادیر عبارت اخیر یا معلوم و یا قابل اندازه گیری مستقیم میباشد . تنها چیزی که باید افزود این است که چون در اغلب موارد شیب جاده نسبتاً کم است میتوان از تساوی تقریبی

$$\sin \alpha \approx \alpha$$

استفاده کرد (رجوع شود به شرح حل مسئله شماره ۷۰) .

۷۵- هردو آونگ را باید کنار هم آویزان کرد تا در عین حال هردو را بتوان مشاهده نمود . آونگها را منحرف و سپس در آن واحد رها کنید . در لحظه اول فاز نوسان یکی است ولی رفته رفته آونگ دارای دوره کمتر ، از دیگری جلو میفتد . معهذا بعد از مدت معینی فاز نوسانها از نوبی خواهد شد .

واضح است که اگر آونگ اول تا آن لحظه تعداد  $n$  نوسان کرده باشد در اینصورت آونگ دوم یک نوسان کمتر کرده است . لذا میتوان نوشت :

$$nT_1 = (n-1)T_2$$

که  $T_1$  و  $T_2$  بترتیب دوره تناوب آونگ اول و دوم میباشد . از عبارت بدست آمده برمیآید که اگر دوره تناوب یکی از آونگها (بنابر فرض مسئله) و  $n$  نیز (از طریق شمارش) معلوم باشد میتوان دوره

تناوب آونگ دوم را پیدا کرد :

$$T_2 = \frac{n}{n-1} T_1 \quad \text{یا} \quad T_1 = \frac{n-1}{n} T_2$$

۷۶ - از چند نوع کاغذ ، نوارهای باریک ببرید و سرنوارها را در آب فرو کنید . در نواریکه دارای خلل و فرج کوچکتر میباشد آب بالاتر میرود .

۷۷- باید انتهای یک شمش روی وسط شمش دوم گذاشته شود . اگر شمش دوم آهن ربا باشد شمش اول توسط آن جذب نخواهد شد چونکه خط بیطرف قاعدنا" از وسط یک آهن ربا ی مستقیم میگردد . ولی اگر جذب شد در آنصورت شمش اول آهن ربا میباشد .

البته میتوان یک شمش مستقیم را طوری مغناطیسی کرد که در وسطش یک قطب مثلاً " قطب جنوبی و دو قطب شمالی در دو انتهای آن قرار بگیرد (چنین شمش را میتوان بصورت دو آهن ربائی تلقی نمود که قطب جنوبی آنها بر روی یکدیگر گذاشته شده است) . در این مورد لازم است انتهای یک شمش را سرتاسر روی سطح شمش دوم کشید . اگر در موقع این عمل نیروی کشش بطور مداوم مشاهده شود در اینصورت اولی آهن ربا میباشد (چونکه قطب حتما" در انتها واقع است) . اگر در موقع حرکت عمل جذب فقط در بعضی نقاط مشاهده گردد در اینصورت شمش دوم آهن ربا میباشد .

۷۸- هردوشیشه آزمایش را جلوی لامپ رومیزی قرار میدهم و مسیر شعاعهای نور را در داخل هردو مایع بررسی میکنیم . چون ضریب شکست آب  $3/3$  و الکل  $3/6$  است لذا اشعه بعد از عبور از شیشه محتوی الکل در نقطه نزدیکتر به شیشه جمع میشوند تا در مورد عبور از شیشه محتوی آب .

۷۹- سادهترین راه حل بشرح زیر است : با ثانیه شمار مدت زمانی را اندازه میگیریم که طی آن ، گاری در اثر سنگینی وزنه  $P$  واقع در کفه دستگاه راه معینی مثلاً " سرتاسر میز را می پیماید . سپس جسم مورد آزمایش را از روی گاری برداشته و وزنهها را بتعداد لازم روی گاری میگذاریم برای اینکه باز هم همان مسافت را در همان مدت زمان طی کند . در اینصورت مجموع جرم وزنههای روی گاری ، جرم جسم را بدست

میدهد .

۸۰- هسته آهنی دارای دوسیم پیچ رامیتوان بعنوان یک ترانسفرماتور تلقی کرد . اگر یکی از سیم پیچهای آن را به منبع جریان متناوب وصل کنیم و فشار برق  $U_1$  و  $U_2$  را روی هر دو سیم پیچ اندازه بگیریم میتوانیم نسبت دور سیم پیچها را از تناسب زیر تعیین نمائیم :

$$\frac{U_1}{n_1} = \frac{U}{n_2}$$

ولی این اندازه گیریها امکان نخواهد داد  $n_1$  و  $n_2$  بطور جداگانه تعیین شود . لذا بر روی سیم پیچهای موجود تعداد معین  $n$  دورسیم می پیچانیم آنگاه تناسب فوق را میشود با یک نسبت دیگر هم تکمیل کرد که فشار برق  $U$  روی سیم پیچ اضافی در آن وارد است :

$$\frac{U_1}{n_1} = \frac{U_2}{n_2} = \frac{U}{n}$$

بعداز این داریم :

$$n_1 = \frac{U_1}{U} n \quad \text{و} \quad n_2 = \frac{U_2}{U} n$$

مقادیر  $U_1$  ،  $U_2$  و  $U$  با ولت متر و  $n$  از طریق شمارش دور در موقع سیم پیچی تعیین میشود .

۸۱- بعداز مونتاژ مدار شکل ۲۶ باید با استفاده از قانون اهم مقاومت  $R$  سیم پیچ الکترومغناطیسی را از روی نشان داده ولت متر ( $U$ ) و آمپر متر ( $I$ ) تعیین نمود :

$$R = \frac{U}{I}$$

بعداز این با میکرومتر قطر  $d$  سیم را اندازه میگیریم و اول طول آن

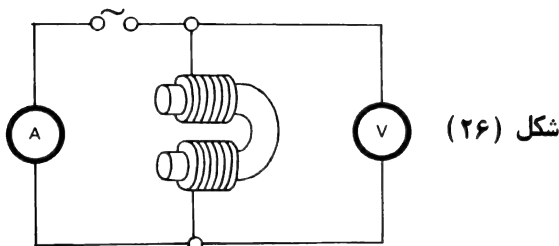
$$l = \frac{RS}{\rho} = \frac{\pi d^2 U}{4 \rho I}$$

و سپس جرم آن را

$$m = D l S = \frac{\pi^2 d^4 U D}{16 \rho I}$$



محاسبه میکنیم . در فرمولهای اخیر  $p$  مقاومت ویژه مس و  $D$  چگالی آن میباشد و این مقادیر را میتوان از کتاب راهنما استخراج کرد .



۸۲- فرض کنیم جرم لوله موئی خالی با ترازو تعیین شده و برابر  $m_1$  باشد . مقداری جیوه از طریق مکش (البته نه با دهان بلکه بکمک پوار: جیوه خطرناک است) در لوله موئی وارد کرده و دوباره وزن میکنیم . فرض کنیم این دفعه جرم  $m_2$  باشد . بنابراین ، جرم ستون جیوه داخل لوله موئی برابر است با :

$$m = m_2 - m_1$$

از طرف دیگر میتوان  $m$  را برحسب طول  $l$  ستون جیوه و قطر  $d$  آن و چگالی  $D$  جیوه ، بصورت زیر بیان کرد :

$$m = D \frac{\pi d^2}{4} l$$

از این دو تساوی قطر را بدست میآوریم :

$$d = \sqrt{\frac{4(m_2 - m_1)}{\pi D l}}$$

چون طول ستون جیوه را بآسانی میتوان با خط کش تعیین کرد و چگالی جیوه را از جدول مربوطه استخراج نمود محاسبه مقدار مطلوب مشکل نیست .

۸۳- فرض میشود هردو دیسک مقوائی با فاصله  $l$  از یکدیگر روی محور الکترو موتور طوری سوار شده که سطح آنها عمود بر محور باشد . اگر در موقع کار الکتروموتور در طول محورش از تنگ تیری خالی شود اثر اصابت بصورت دو سوراخ در دیسکها بجا میماند و فاصله زاویه ای بین

سوراخها بقرار زیر خواهد بود :

$$\varphi = \omega t = 2\pi n \frac{l}{v}$$

که  $\omega$  سرعت زاویه‌ای گردش الکتروموتور است که با سانی از روی دور  $n$  تعیین میشود ،  $t$  زمان سیر گلوله در فاصله  $l$  بین دو دیسک و  $v$  سرعت مطلوب گلوله است .

از تساوی مذکور چنین برمیآید :

$$v = \frac{2\pi n l}{\varphi}$$

فاصله  $l$  را با متر فنی ، زاویه  $\varphi$  را با نقاله اندازه میگیریم و دور بنا بر فرض مسئله معلوم است .

۸۴- طبق قانون هوک در فشارهای نهچندان زیاد (یعنی در حدود تغییر شکلهای ارتجاعی ) اضافه  $x$  طول فنر متناسب با نیروی موثر  $F$

میباشد :

$$F = kx$$

که  $k$  ضریب ارتجاعی (یا ضریب صلابت ) مصطلح شده و بهجنس وابعاد فنر بستگی دارد .

فرض کنیم که فنر بهپایه محکم شده و در اثر وزن معلوم  $P_1$  وزنه بمقدار  $x_1$  کشیده شده باشد و در اثر وزن  $P_2$  وزنه - بمقدار  $x_2$  آنگاه دوتساوی زیر را داریم :

$$P_1 = kx_1 \quad , \quad P_2 = kx_2$$

با تقسیم این دو بر یکدیگر چنین برمیآید :

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{x_2}{x_1} \quad \text{که از آن} \quad P_2 = \frac{x_2}{x_1} P_1 \quad \text{بدست میآید .}$$

اضافه طول  $x_1$  و  $x_2$  را با خط کش اندازه میگیریم و  $P_1$  طبق فرض مسئله معلوم است .

۸۵- چوب چهارگوش را روی تخته قرار میدهم و یک انتهای تخته را بالا میآوریم تا چوب بحرکت درآید . از شکل ۲۵ (صفحه ۷۴) دیده میشود که نیروی  $F_1$  که میخواهد آن را در جهت موازی با تخته حرکت دهد برابر است با  $P \sin \alpha$  . درعین حال ، نیروی اصطکاک بین چوب چهارگوش و سطح تخته را میتوان بصورت زیر نوشت :

$$F = kP \cos \alpha$$

که  $P$  وزن چوب چهارگوش و  $k$  ضریب اصطکاک مطلوب است .  
در حرکت یکنواخت ، نیروئی که چوب چهارگوش را بحرکت وامیدارد  
مساویست بانیروی بازدارنده یعنی

$$P \sin \alpha = kP \cos \alpha$$

که از اینجا ضریب اصطکاک زیر را بدست میآوریم :

$$k = \tan \alpha = \frac{h}{l}$$

بدین ترتیب برای بدست آوردن ضریب اصطکاک کافی است  $h$  و  $l$   
اندازه گیری شود .

۸۶- در شرح حل مسئله شماره ۷۰ عباراتی جهت تعیین نیروهای  
لازم برای واداشتن چوب چهارگوش به حرکت یکنواخت روی سطح شیبدار  
در سمت بالا و پائین پیدا شده است . این عبارت را یادآوری میکنیم :

$F_4 = kP \cos \alpha - P \sin \alpha$  و  $F_3 = kP \cos \alpha - P \sin \alpha$   
معادله دوم را از معادله اول کم کرده و عبارتی برای تعیین سینوس زاویه  
شیب سطح نسبت به افق بدست میآوریم :

$$\sin \alpha = \frac{F_3 - F_4}{2P}$$

باجمع کردن همان معادله ها میتوان رابطه ای جهت محاسبه کسینوس  
همان زاویه بدست آورد :

$$\cos \alpha = \frac{F_3 + F_4}{2kP}$$

دو تساوی اخیر را مجذور و سپس جمع کرده و فرمول زیر را بدست میآوریم :

$$1 = \left( \frac{F_3 - F_4}{2P} \right)^2 + \left( \frac{F_3 + F_4}{2kP} \right)^2$$

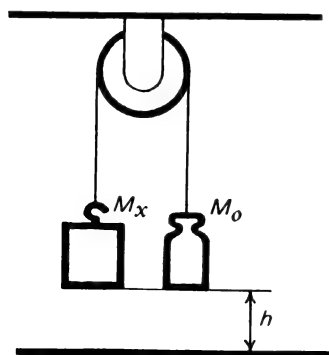
از اینجا ضریب اصطکاک را پیدا میکنیم :

$$k = \frac{F_3 + F_4}{\sqrt{4P^2 - (F_3 - F_4)^2}}$$

نیروهای  $F_3$  ،  $F_4$  و  $P$  که برای محاسبه لازمند بکمک نیروسنج تعیین  
میشوند .

۸۷- باید بلوکی را در یک ارتفاع معین بالای کف اطاق محکم نمود (مثلاً "بوسیله یک پیچ به سقف اطاق")، ریسمانی بر روی آن انداخت و به یک سر ریسمان وزنه و به سردیگر آن، جسم مورد تحقیق را بست. برای محاسبات بعدی بهتر است این دو جسم را در یک ارتفاع مانند شکل ۲۷ قرار دهیم. سپس وزنه و جسم مورد تحقیق را رها می‌کنیم. بسته به نسبت جرم  $M_0$  وزنه به جرم  $M_x$  جسم ممکن است ۳ حالت پیش‌آید:

الف - دستگاه در حالت سکون بماند. این موضوع در صورتی اتفاق می‌افتد که  $M_x = M_0$  باشد. در این صورت اندازه‌گیری بعدی لازم نیست چون مسئله حل شده است.



شکل (۲۷)

ب - وزنه به پائین و بار به بالا حرکت کند. برای وقوع این حالت لازم است که جرم وزنه از جرم جسم بیشتر باشد:

$$M_x < M_0$$

با استفاده از دومین اصل دینامیک، شتاب هر دو جسم را پیدا می‌کنیم:

$$a = \frac{M_0 g - M_x g}{M_0 + M_x} = \frac{M_0 - M_x}{M_0 + M_x} g$$

راه طی شده یک جسم را در مدت زمان  $t$  اگر شتاب  $a$  آن ثابت و سرعت اولیه آن صفر باشد میتوان از معادله زیر پیدا کرد:

$$h = \frac{at^2}{2}$$

مقدار شتاب فوق‌الذکر را در این معادله قرار داده و فرمول زیر را بدست

میآوریم :

$$h = \frac{1}{2} \frac{M_0 - M_x}{M_0 + M_x} g t^2$$

از اینجا میتوان پیدا کرد که

$$M_x = \frac{g t^2 - 2h}{g t^2 + 2h} M_0$$

مقدار  $M_0$  طبق فرض مسئله معلوم است و  $g$  مقداری است ثابت و  $t$  بوسیله ثانیه شمار اندازه گیری میشود. بدین ترتیب برای حل مسئله لازم است طریقه ای جهت تعیین مقدار  $h$  راه طی شده و وزن و جسم در مدت زمان  $t$  مشخص شود (بعنوان این راه بهتر است فاصله تا کف اطاق انتخاب شود - رجوع شود به شکل ۲۷). برای این منظور میتوان از روشی استفاده نمود که قبلاً در شرح حل مسئله شماره ۳۱ برای تعیین ارتفاع و عرض و طول اطاق پیشنهاد شده است و خلاصه میشود در اینکه آونگ ریاضی از ریسمان و وزنه ساخته میشود که طول آن با فاصله مطلوب برابر است (یعنی فاصله وزنه یا جسم تا کف اطاق). سپس طول آونگ از روی دوره نوسان  $T$  با فرمول آونگ محاسبه میگردد که این دوره بکمک ثانیه سنج تعیین میشود :

$$h = \frac{g T^2}{4\pi^2}$$

پ - اگر  $M_x > M_0$  در این صورت عبارت مربوط به شتاب دستگاه و جرم مورد تحقیق بترتیب بصورت زیر میباشد :

$$M_x = \frac{g t^2 + 2h}{g t^2 - 2h} M_0 \quad \text{و} \quad a = \frac{M_x - M_0}{M_x + M_0} g$$

همه مقادیر وارد در عبارت اخیر، یا معلوم و یا قابل تعیین باروشهای بررسی شده میباشد.

ناگفته نماند که در هر سه حالت برای حل صحیح مسئله لازم است که اصطکاک روی محور بلوک هرچه کمتر باشد در صورتیکه در دو حالت اخیر (ب) و (پ) لازم است که جرم بلوک نیز، یا اگر دقیقتر بگوئیم، لنگر لختی آن هرچه کمتر باشد.

۸۸- باید شمش را در قوطی پراز آب قرارداد و حرارت آن را بکمک چراغ الک به ۱۰۰ درجه سانتیگراد رساند. بعد از این، شمش را بداخل گرماسنج محتوی مقدار معین آب (که بوسیله پیمانه اندازه گیری شده است) منتقل میکنیم. درجه حرارتهای اولیه و نهائی آب را با دماسنج اندازه گیری میکنیم و از معادله تعادل حرارتی

$$m_1 c_1 (100^\circ - t) = m_2 c_2 (t - t_1) + m_3 c_3 (t - t_1)$$

جرم  $m_1$  شمش را بدست میآوریم. در این معادله  $m_2$  و  $m_3$  بترتیب جرم آب گرماسنج و جرم خود گرماسنج  $C_1$ ،  $C_2$  و  $C_3$  بترتیب گرمای ویژه فولاد، آب و جنس گرماسنج،  $t_1$  و  $t$  بترتیب درجه حرارت اولیه و نهائی آب در گرماسنج میباشد.

۸۹- معادله تعادل حرارتی (رجوع شود به شرح حل مسئله قبل) در این مورد بصورت زیر است:

$$m_1 c_1 (t_x - t) = m_2 c_2 (t - t_1) + m_3 c_3 (t - t_1)$$

که  $t_x$  درجه حرارت مطلوب میباشد. بدین ترتیب، با حل این معادله با آسانی میتوان درجه حرارت مطلوب را یافت. جرم  $m_1$  شمش یا معلوم فرض میشود و یا باروشی که در شرح حل مسئله شماره ۸۸ ارائه شده تعیین میگردد.

۹۰- مداری از باطری، آمپر متر و مقاومت معلوم  $R$  ساخته و شدت  $I_1$  جریان را اندازه میگیریم. این جریان با این فرمول مشخص میشود:

$$I_1 = \frac{E}{R + r} \quad (۱)$$

که  $E$  نیروی الکتروموتوری باطری و  $r$  مقاومت داخلی آن است. سپس بجای مقاومت معلوم  $R$  مقاومت مجهول  $R_x$  را به مدار وصل میکنیم و از نو شدت جریان را اندازه میگیریم. مقدار جدید شدت  $I_2$  را میتوان با معادله زیر بیان نمود:

$$I_2 = \frac{E}{R_x + r} \quad (۲)$$

پس برای تعیین سه مقدار  $E$ ،  $r$  و  $R_x$  فقط دو معادله را در دست داریم. از قرار معلوم چنین دستگاهی از معادلات دارای جواب یگانه ای

نیست و لذا یک معادله دیگر نیز برای تعیین مقادیر مجهول لازم است .  
اغلب اشخاص در مورد فرمول‌بندی آن به‌اشکال برمیخورند در صورتیکه  
هیچ اشکالی ندارد . کافی است مقاومتهای مجهول و معلوم را بطور  
متوازی (پارالل) یا متوالی (سری) به هم وصل و سپس شدت جریان  
برقرار شده را تعیین کنیم . در مورد اتصال متوالی فرمول زیر :

$$(۳) \quad I_3 = \frac{E}{R + R_x + r}$$

و در مورد اتصال متوازی این فرمول بدست می‌آید :

$$(۴) \quad I_4 = \frac{E}{\frac{RR_x}{R + R_x} + r}$$

دستگاه معادلات (۱) و (۲) را با رابطه (۳) یا (۴) تکمیل کرده و  
دستگاهی شامل سه معادله بدست می‌آوریم که سه مقدار مجهول  $E$  ،  $r$  و  
 $R_x$  را میتوان از آن پیدا کرد . مثلاً از معادلات (۱) ، (۲) و (۳)  
فرمول زیر :

$$R_x = \frac{I_2(I_3 - I_1)}{I_1(I_3 - I_2)} R$$

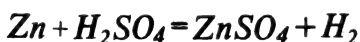
و از معادلات (۱) ، (۲) و (۴) فرمول ذیل بدست می‌آید :

$$R_x = \sqrt{\frac{I_1(I_4 - I_2)}{I_2(I_4 - I_1)}} R$$

۹۱- برای محاسبه سرعت متوسط دوچرخه سوار لازم است مسافت و  
زمان را بدانیم . مسافت را با خط‌کش از روی نقشه معین میکنیم (مقیاس  
نقشه معمولاً روی نقشه مشخص است) و پیل ((گره‌نه)) امکان میدهد  
زمان را تعیین کنیم .

موضوع اینجاست که در موقع کار هر نوع پیل جنس الکتروود منفی در  
الکتروولیت پیل حل میشود .

مثلاً " در پیل ((گره‌نه)) این فعل وانفعال صورت میگیرد :



جرم  $m$  روی ( $Zn$ ) حل شده را میتوان از روی اولین قانون فاراده

بموجب مدت زمان  $t$  کارپیل و شدت  $I$  جریان مدار وصل شده به پیل تعیین نمود :

$$m = kIt$$

که  $k$  معادل ( یا اکیوالان ) الکتریکی - شیمیائی روی است .

مبدا راه حل مسئله همینجاست . بکمک سیمهای رابط باید مداری از پیل ، رئوستا و آمپر متر ساخت ولی قبل از این الکتروود روئی را وزن کرد . این مدار در لحظه حرکت دوچرخه سوار مسدود و در لحظه بازگشت او باز میشود . سپس دوباره روی را وزن میکنیم و براساس اختلاف جرم  $m = m_1 - m_2$  و شدت  $I$  جریان و مقدار جدولی معادل الکتریکی شیمیائی مدت زمان مسافرت تعیین میگردد .

۹۲ - باید در نظر داشت که در مدار جریان متناوب هر خازن برق نقش مقاومت را ایفا میکند که مقدار آن با ظرفیت خازن نسبت معکوس دارد بدین ترتیب :

$$R = \frac{1}{\omega C}$$

(  $\omega$  فرکانس دورانی جریان متناوب است ) . بدین ترتیب مقاومت کلی مدار جریان متناوبی که از خازنها تشکیل شده است با  $\frac{1}{C_I}$  متناسب میباشد . اگر بجای خازنهای این مدار مقاومتهای متساوی جایگزین شود و مقاومت کلی مدار  $R_I$  باشد میتوان تناسب زیر را نوشت :

$$\frac{1}{C} \cdot \frac{1}{C_I} = R \cdot R_I$$

و از اینجا فرمول زیر را بدست میآوریم :

$$C_I = \frac{RC}{R_I}$$

ظرفیت خازن طبق فرض مسئله معلوم و  $R$  و  $R_I$  براساس قانون اهم قابل تعیین است - برای این منظور مداری از باطری ، مقاومتها ، آمپر متر و ولت متر میسازیم .

میتوان از راهی که اندکی متفاوت است به همین نتیجه رسید . در اتصال متوالی رزیستورها مقاومت آنها و در اتصال متوالی خازنها مقادیر معکوس ظرفیت آنها باهم جمع میشود . پس در هر ترکیبی از اتصالات متوازی و متوالی مقدار  $\frac{1}{C}$  عین رفتار مقدار  $R$  را دارد و از همینجا دوباره



تساوی قبلی نتیجه گیری می شود :

$$\frac{I}{C} : \frac{I_1}{C_1} = R : R_1$$

۹۳- مقاومت  $R$  قطعه سیم بطول  $l$  برابر با ارتفاع سقف را میتوان براساس قانون اهم تعیین کرد. برای این منظور مداری میسازیم که منبع جریان برق آن، باطری و قسمت خارجی آن (یعنی بار) همان قطعه سیم باشد. اگر آمپر متر متوالی قطعه سیم جریان  $I$  و ولت متر موازی باهمان قطعه سیم، اختلاف پتانسیل  $U$  را نشان دهد آنوقت معلوم میشود که:

$$R = \frac{U}{I} = \rho \frac{l}{S}$$

که  $S$  مساحت مقطع عرضی هادی برق و  $\rho$  مقاومت ویژه مس میباشد. ازسوی دیگر، جرم  $m$  این قطعه سیم را که از طریق توزین با ترازو تعیین می شود میتوان برحسب طول  $l$ ، مساحت  $S$  مقطع عرضی و چگالی  $D$  مس بصورت زیر بیان نمود :

$$m = D l S$$

باضرب تساویها در یکدیگر فرمول زیر را بدست میآوریم :

$$\frac{mU}{I} = \rho D l^2$$

و از اینجا چنین برمیآید :

$$l = \sqrt{\frac{mU}{\rho D I}}$$

مقادیر  $I$ ،  $U$  و  $m$  از طریق تجربی و مقادیر  $\rho$  و  $D$  از کتاب راهنما پیدامیشود.

اگر افت فشار برق روی قطعه سیمی که بطول اطاق است کم و تعیین آن بکمک ولت متر توام با اشکال باشد باید قطعه ای بمدار وصل نمود که طول آن مضربی صحیح از طول اطاق باشد (برای این منظور کافی است سیم را چند بار سرتاسر طول اطاق بکشیم).

۹۴- از حل مسئله قبلی نتیجه گیری میشود که با توزین قطعه سیم بطول برابر ارتفاع سقف و با استفاده از مقدار جدولی چگالی مس می توان

حاصل ضرب طول قطعه در مساحت مقطع آن را محاسبه نمود :

$$lS = \frac{m}{D}$$

سپس با افزایش تدریجی جرم وزنه‌های آویزان شده به سیم ، بار بحرانی  $P_c$  را تعیین مینمائیم که باعث پارگی سیم میگردد. مقدار بار بحرانی با مساحت مقطع عرضی سیم نسبت مستقیم دارد :

$$P_c = m_c g = \sigma S$$

که  $\sigma$  حد مقاومت مس است ( رجوع شود به مسایل شماره ۳۶ و ۶۱ ) که مقدار آن را میتوان در کتاب راهنما یافت .

با ضرب تساویهای اخیر در یکدیگر و حذف  $S$  ، فرمول زیر را بدست میآوریم :

$$m_c g l = \frac{m \sigma}{D}$$

و از اینجا چنین برمیآید که :

$$l = \frac{m}{m_c D g}$$

سپس از همان طریق طول و عرض و سپس حجم اطاق تعیین میشود . متأسفانه حد گسیختگی انواع مختلف مس در حدود نسبتاً " وسیعی متغیر است . لذا فقط در صورتی میتوان به نتایج خوب رسید که اگر از مس دارای حدگسیختگی نسبتاً " دقیق استفاده شود .

۹۵- فرکانس  $N$  ضربه میان دیافازن و لوله ارگ برابر است با

$$N = \nu_1 - \nu$$

که  $\nu_1$  فرکانس صوت ناشی از دیافازن و  $\nu$  فرکانس صوت ناشی از لوله ارگ است . مقدار اولی طبق فرض مسئله معلوم است در صورتیکه در اثر گرم یا سرد شدن هوای اطاق متغیر است .

در واقع هم ، طول  $\lambda$  موج صوتی پخش شده از لوله ارگ را میتوان بر حسب سرعت  $v$  انتشار صوت و فرکانس  $\nu$  آن را بصورت زیر بیان نمود :

$$\lambda = \frac{v}{\nu}$$

ازسوی دیگر برای لوله باز ارگ طول موج تن اصلی بترتیب زیراست :

$$\lambda = 4l$$

که  $l$  طول لوله است . ازدوتساوی اخیر فرمول زیر را بدست میآوریم :

$$v = \frac{v}{4l} \quad (*)$$

امواج صوتی باهمان سرعتی در هوا منتشر میشوند که مولکولهای هوا در همان درجه حرارت دارا میباشند . چون انرژی سینتیک مولکولها با درجه حرارت مطلق  $T$  نسبت مستقیم دارد :

$$\frac{mv^2}{2} \sim T$$

لذا سرعت مولکولها و نتیجتاً " سرعت صوت با جذر  $T$  نسبت مستقیم دارد :

$$v \sim \sqrt{T}$$

ازاینجا نسبت سرعت  $v$  صوت در  $T$  درجه حرارت به مقدار  $v_0$  سرعت صوت در  $T_0 = 0^\circ C$  برابر است با :

$$\frac{v}{v_0} = \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

بادر نظر گرفتن تساوی (\*) فوق الذکر که بیان کننده رابطه بین فرکانس صوت لوله ارگ و سرعت انتشار امواج صوتی میباشد میتوانیم عبارت اخیر را بصورت زیر درآوریم :

$$\frac{v}{v_0} = \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

که  $v_0$  فرکانس لوله ارگ در صفر درجه سانتیگراد میباشد که طبق فرض مسئله برابر است با  $440$  هرتز .

ازاینجا مقدار فرکانس لوله ارگ در  $T$  درجه حرارت را بدست آورده و در عبارت اولیه فرکانس ضربه قرارداده فرمول زیر را بدست میآوریم :

$$N = v_1 - v_0 \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

وازا اینجا برای  $T$  درجه حرارت آزمایشگاه عبارت زیر حاصل میشود :

$$T = T_0 \left( \frac{v_1 - N}{v_0} \right)^2 = T_0 \left( \frac{v_1 - N}{v_1} \right)^2$$

این عبارت را با سانی میتوان تحقیق کرد. با قراردادن  $N=0$  ، بدست میآوریم  $T=T_0$  . درحقیقت هم بازی  $T=0^\circ C$  ، فرکانس دیپازن و لوله، ارگ یکی است و ضربه وجود ندارد .

۹۶- باید اراهای را (که بهتر است دیگر قابل استفاده نباشد) بدو قسمت شکست. اگر اراه مغناطیسی باشد در این صورت این دوتکه در یکدیگر اثر خواهند کرد .

۹۷- اول باید جرم  $m$  تمام صفحه را تعیین نمود . سپس بکمک گونیا لازم است چهارگوشی با اضلاع معلوم روی آن رسم و بوسیله قیچی برید وبا ترازو جرم  $m_0$  چهارگوش تعیین گردد . اگر ضخامت صفحه یکنواخت باشد جرم  $m$  آن بهمان نسبت از جرم  $m_0$  بیشتر است که مساحت  $S$  تمام صفحه از مساحت  $S_0$  چهارگوش بیشتر باشد :

$$\frac{m}{m_0} = \frac{S}{S_0}$$

از اینجا فرمول زیر بدست میآید :

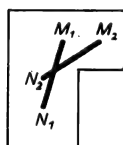
$$S = S_0 \frac{m}{m_0}$$

مساحت  $S_0$  را با سانی میتوان بکمک گونیا تعیین نمود . اگر بریدن صفحه مغایر خواست ما باشد باید دور آن را با مداد روی یک ورق مقوا یا کاغذ کلفت منتقل کرده و شکل بدست آمده را ببریم و اندازه گیریهای مشروحه فوق را روی آن انجام دهیم .

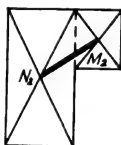
۹۸- اگر در موقع انجماد چگالی کم شود در آن صورت یک تکه از همان جنس در حالت جامد وقتی در ماده مذاب انداخته شود روی سطح شناور میماند . مثلاً " یخ که چگالی آن  $1/1$  بار کمتر از آب است در آب همان رفتار را دارد . برعکس، یک تکه آهن جامد در آهن مذاب غرق میشود و این امر میرساند که چگالی آهن در اثر انجماد مذاب بیشتر میشود .

در مورد اول حجم ماده در اثر انجماد مذاب افزایش و در مورد دوم تقلیل می یابد .

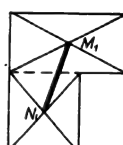
۹۹- صفحه را در ذهن به چهار گوشهائی که با خط کش در شکل ۲۸- الف نشان داده شده تقسیم میکنیم . مرکز ثقل یکی از چهار گوشه در نقطه  $M_I$  تلاقی اقطار قرار دارد . به همین منوال محل مرکز ثقل  $N_I$  چهار گوش دوم پیدا میشود . لذا مرکز ثقل صفحه بایستی روی استقامت  $M_I N_I$  قرار داشته باشد .



(پ)



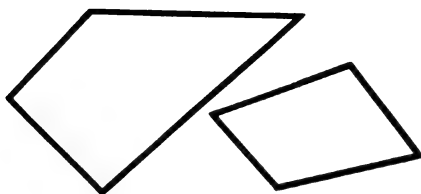
(ب)



(الف)

شکل (۲۸)

با همین استدلال نتیجه میگیریم که نقطه مطلوب بایستی روی استقامت  $M_2 N_2$  قرار گرفته باشد که  $M_2$  و  $N_2$  مرکز ثقل چهار گوشه‌های ساخته شده در شکل ۲۸ - ب میباشد . اگر مرکز ثقل در عین حال در روی دو استقامت واقع شده باشد در آن صورت باید در نقطه تلاقی آن دو خط قرار داشته باشد (شکل ۲۸ - پ) .



شکل (۲۹)

حال سعی کنید با استفاده از روش پیشنهادی فوق ، مرکز ثقل شکلهای غیر منظم رسم شده در شکل ۲۹ را پیدا کنید .

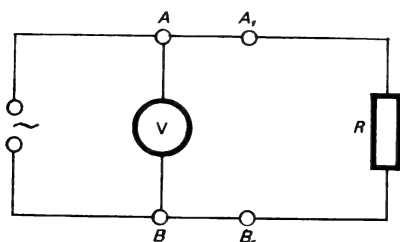
۱۰۰- برای حل این مسئله باید قاعده دست چپ را بیاد آورید که برای تعیین جهت اثر نیروی وارد بر رسانای برق واقع در حوزه مغناطیسی و دارای جریان برق بکار میرود .

اگر لامپ از جریان برق متناوب تغذیه شود در آن صورت با نزدیک کردن

آهن‌ربا رشته لامپ بارتعاش در می‌آید و حدود دوره رشته محو میشود. در صورتیکه جریان برق مستقیم باشد رشته لامپ بوضوح دیده خواهد شد چونکه در اثر آهن‌ربائی نسبت بوضع اولیه فقط به یک طرف منحرف میگردد.

۱۰۱- باید مدار تغذیه لامپ چراغ قوه را باز و دوسیم پیچ را بنویت به مدار وصل نمود. سیم پیچ شدت جریان دارای مقاومت ناچیز میباشد و هنگامیکه به مدار وصل شود از نور لامپ عملاً "کاسته نخواهد شد. برعکس، مقاومت سیم‌پیچ فشار جریان خیلی زیاد است و هرگاه به مدار وصل شود لامپ اصلاً "روشن نخواهد شد.

۱۰۲- اول ولت‌متر را به نقاط  $A$  و  $B$  (شکل ۳۰) و سپس به نقاط  $A_1$  و  $B_1$  که از سمت راست است وصل می‌کنیم. فرض میشود ولت‌متر بترتیب  $U$  و  $U_1$  را نشان داده باشد.



شکل (۳۰)

اگر  $U > U_1$  در این صورت منبع جریان برق از طرف چپ نقاط  $A$  و  $B$  واقع است چونکه نشان داده ولت‌متر بعد از گذر از نقاط  $A$  و  $B$  به نقاط  $A_1$  و  $B_1$  بخاطر افت فشار جریان در قطعه‌های  $AA_1$  و  $BB_1$  کم میشود.

اگر  $U < U_1$  در آن صورت باتری از طرف راست خط واقع است. در این مورد نشان داده ولت‌متر بخاطر افت فشار جریان در همان قطعه‌ها زیاد میشود. طریقه حل این مسئله چه در مورد مدار جریان مستقیم و چه در مورد مدار جریان متناوب یکی است منتها ولت‌متری از نوع مناسب باید انتخاب شود. همچنین مهم است که حساسیت ابزار در سطح کافی باشد تا بتواند اختلاف نسبتاً ناچیز پتانسیل بین حالات  $AB$  و  $A_1B_1$  را اندازه بگیرد.

۱۰۳- از اولین جعبه - یک قطعه، از دومین جعبه - دو قطعه، از سومین جعبه - سه قطعه و همین‌طور تا آخرین جعبه که ده قطعه از آن باید

یکجا با تمام قطعات برداشته شده توزین شود .  
اگر در تمام جعبه‌ها همه قطعات صحیح و سالم باشد وزن کل آنها ، فرض کنیم ، با  $P_1$  برابر می‌شود .

چون در جعبه  $n - ۱$  م وزن هر قطعه ۱۰ گرم کمتر از حد لازم است نشان داده  $P_2$  ترازو بمقدار  $n \times ۱۰$  گرم کمتر از  $P_1$  خواهد بود :

$$P_1 - P_2 = 10n$$

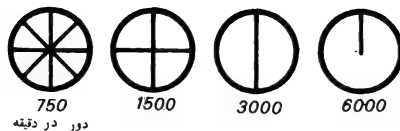
از اینجا  $n$  یعنی شماره جعبه محتوی قطعات اسقاط را پیدا می‌کنیم :

$$n = \frac{P_1 - P_2}{10}$$

۱۰۴ - اگر برای روشنائی از لامپ نوسانی استفاده گردد که تعداد روشن و خاموش شدنهای آن با تعداد دور محور برابر باشد در اینصورت قطعه همه وقت در وضع ثابت رویت خواهد شد بطوریکه جزئیات سطح آن را میتوان بوضوح تشخیص داد . برای تغذیه لامپ باید از مولد برق دارای تنظیم ملایم فرکانس استفاده نمود .

بجای لامپ نوسانی و مولد با فرکانس متغیر میتوان از یک لامپ معمولی پرنور استفاده کرد بنحوی که نور آن از شکاف شعاعی دیسک مقوائی سوار بر محور الکتروموتور با دور قابل تنظیم عبور کند .  
پدیده‌ای که در اثر روشنائی منقطع ، اجسام چرخنده ثابت بنظر میرسد اثر استروبوسکوپیک نام دارد . اتفاقاً " مسئله بعدی به بعضی کاربردهای این اثر اختصاص دارد .

۱۰۵ - با پرگار روی مقوا دایره‌ای رسم می‌کنیم و باقیچی آن را می‌بریم . روی دیسک مقوائی بدست آمده در امتداد شعاع یک خط می‌کشیم و دیسک را به محور الکتروموتور می‌چسبانیم بطوریکه سطح آن عمود بر محور باشد . سپس الکتروموتور و لامپ نئون را به برق وصل می‌کنیم . وقتی لامپ نئون به شبکه برق متناوب وصل است ۱۰۰ بار در ثانیه روشن و خاموش می‌شود . اگر در فاصله بین دو روشن شدن متوالی ، محور الکتروموتور دقیقاً ، یک دور ( یعنی ۶۰۰ دور در دقیقه ) بزند در اینصورت خط روی دیسک همیشه در همان وضع دیده خواهد شد یعنی با وجود دورانه‌ای خود ثابت بنظر خواهد رسید ( شکل ۳۱ - الف ) .



(ت)

(ب)

(ب)

(الف)

شکل (۳۱)

اگر تعداد دور دوبرابر کمتر شود آنوقت در فاصله بین دو روشن شدن متوالی، محور الکتروموتور فقط نیم دور میزند و خط در امتداد وضع قبلی خود یعنی در آن طرف قطر رویت خواهد شد. در نتیجه، خطی با طول بیشتر را خواهیم دید که مانند یک قطر، تمام عرض دیسک را قطع کرده است (شکل ۳۱ - ب). در سرعت دوران ۱۵۰۰ دور در دقیقه - صلیب (شکل ۳۱ - پ) و در سرعت دوران ۷۵۰ دور در دقیقه دو صلیب با زاویه ۴۵ درجه بین یکدیگر روی دیسک دیده خواهد شد.

ناگفته نماند که تصویر شکل ۳۱ - الف نه فقط در یک دور دیسک در فاصله بین دو روشن شدن متوالی لامپ بلکه همچنین در دو، سه و ... دور (یعنی ۱۲۰۰۰، ۱۸۰۰۰ و ... دور در دقیقه) در فاصله بین دو روشن شدن متوالی نیز دیده خواهد شد. تصویر شکل ۳۱ - ب همچنین در سرعتهای دورانی ۹۰۰۰، ۱۵۰۰۰ و ... دور در دقیقه دیده خواهد شد (یعنی وقتی دیسک در فاصله بین دو روشن شدن متوالی لامپ ۱/۵، ۲/۵ و ... دور میزند). صلیب شکل ۳۱ - پ را همچنین در سرعتهای دورانی ۱۵۰۰، ۴۵۰۰، ۷۵۰۰ و ... دور در دقیقه و دو صلیب شکل ۳۱ - ت را در ۷۵۰، ۲۲۵۰، ۳۷۵۰ و ... دور در دقیقه میتوان مشاهده نمود. بنابر مراتب فوق باید بطور تدریجی به سرعت دوران افزود و به حد مطلوب رسید.

۱۰۶ - لازم است فضا نورد شیئی در جهت مخالف موشک پرت کند (اگر هیچ جسمی پیدانشد در آن صورت وضع او فاجعه آمیز خواهد بود). آنوقت طبق اصل بقای جنبش که برای حل مسئله شماره ۵۶ از آن استفاده گردید در سمت موشک سرعت

$$V = \frac{m}{M} v$$



را بخود خواهد گرفت که  $M$  و  $m$  بترتیب جرم انسان و شیئی و  $v$  سرعت شیئی میباشد .

از قرار معلوم خود موشک نیز بطور مشابه در فضا حرکت میکند بدین معنی که گاز سوخته را به یک طرف پرت میکند و خودش بطرف معکوس پرت میشود .

۱۰۷- از دوطریق میتوان به هدف رسید . بنوبت آنها را بررسی میکنیم .

الف - فرض کنیم جسم مورد نظر بجرم  $m_1$  روی یک کفه ترازوی اهرمی و وزنه بجرم  $m_2$  روی کفه دوم گذاشته شده باشد . نظر به اینکه ماهواره و تمام اجسام روی آن (از جمله جسم مورد توزین و وزنه) در حوزه گرانشی زمین دارای شتاب یکسان میباشند (در حالت سقوط دایم بطرف زمین میباشند) ترازو در حالت تعادل بی تفاوت خواهد بود . ولی حالت تعادل برهم میخورد اگر ترازو را بحرکت متشابه التغییر تند شونده نسبت به ماهواره واداریم چون که برای بخشیدن شتاب یکسان  $a$  به جسمهای مختلف الجرم نیروهای مختلف لازم است بدین ترتیب :

$$F_1 = m_1 a \quad \text{و}$$

$$F_2 = m_2 a$$

اشکالی ندارد بحالتی برسیم که عقربه ترازو از حالت صفر تقریباً منحرف نشود و این موضوع در حرکت متشابه التغییر تند شونده بشرط تساوی جرم جسم با جرم وزنه مشروط است .

ب - میتوان از ترازوی فنری یعنی نیروسنج نیز استفاده نمود . اگر جسم مورد تحقیق را به آن آویزان و دستگاه را به حرکت با شتاب ثابت  $a$  واداریم در اینصورت عقربه نیروسنج وجود یک نیرو را نشان خواهد داد :

$$F_1 = m_1 a$$

سپس باید بجای جسم وزنه ای با جرم معلوم  $m_2$  آویزان و نیروسنج را با همان شتاب  $a$  بحرکت واداشت . در اینصورت نشان داده نیروسنج برابر خواهد بود با :

$$F_2 = m_2 a$$

با تقسیم دوتساوی اخیر بریکدیگر فرمول زیر را بدست میآوریم :

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

واز اینجا چنین برمیآید :

$$m_1 = m_2 \frac{F_1}{F_2}$$

رسیدن بحالت تساوی شتابها در مورد ترازوی فنی نسبتاً " مشکل است . باوجود این میتوان برای برقراری حالت تساوی شتابها سعی کرد . برای این منظور بترتیب ، اول جسم و سپس وزنه را باید بهنیروسنج آویزان کرد و با سرعت زاویه‌ای ثابت چرخاند . بدیهی است که دراینصورت یک ثانیه شمار مورد نیاز است . ولی در صورت امکان بهتر است از دو نیروسنج استفاده شود : بهیک نیروسنج - جسم مورد تحقیق و به نیروسنج دوم - وزنه‌ای باجرم معلوم آویزان شود و سپس هردو را باید دریک دست گرفت و به حرکت درآورد بطوریکه سرعتشان هرآن بیشتر شود .

درحل این مسئله از آن اصل استفاده شده است که حرکت تندشونده یک دستگاه معادل است با حوزه نیروهای گرانشی ، همسانی نیروهای گرانشی و نیروهائی که دراجسام یک دستگاه دارای حرکت تند شونده اثر میکند یکی از پایه‌های نظریه گرانش قرار گرفت که درچارچوب نظریه نسبیت عمومی اینشتین (سال ۱۹۱۵) گسترش یافت . لذا اگر آزمایشگر در سفینه فضائی یا ماهواره هدایت شونده باشد کافی است موتورها را روشن کند تا نیروی مصنوعی ثقل بوجود آید و هرنوع ترازو یا قیان بکار افتد . ۱۰۸- اگر سفینه فضائی با موتورهای خاموش بدور سیاره در حرکت باشد دراینصورت تنها نیروئی که در آن اثر میکند نیروی جاذبه  $F$  سیاره میباشد :

$$F = G \frac{Mm}{R^2}$$

که  $G$  ثابت گرانشی ،  $M$  جرم سیاره ،  $m$  جرم سفینه و  $R$  فاصله آن تا مرکز سیاره است .

اگر ارتفاع پرواز  $R$  کم باشد میتوان پذیرفت که  $R$  برابر شعاع سیاره است (شکل سیاره کروی فرض میشود) .

جرم سیاره را برحسب شعاع و چگالی متوسط  $D$  آن بیان می‌کنیم :

$$M = VD = \frac{4}{3}\pi R^3 D$$

و این مقدار  $M$  را در فرمول قبلی قرار می‌دهیم :

$$F = \frac{4}{3}\pi GRmD$$

چون سفینه روی مدار دایره‌ای در حرکت است تحت تاثیر نیروی جاذب بطرف مرکز قرار می‌گیرد که میتوان آنرا بصورت زیر نمایش داد :

$$F_1 = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R = m \frac{4\pi^2}{T^2} R$$

که  $v$  سرعت خطی و  $\omega$  سرعت زاویه‌ای سفینه فضائی و  $T$  زمان یک دور آن در حول سیاره میباشد .

چون نیروی جاذبه گرانشی نقش نیروی جاذب بطرف مرکز را ایفا میکند میتوان قسمت‌های دست راست دو عبارت اخیر را برابر یکدیگر نمود و عبارت زیر را برای چگالی سیاره بدست آورد :

$$D = \frac{3\pi}{GT^2}$$

بدین ترتیب پس از تعیین زمان یک دور سفینه در حول سیاره بوسیله ساعت میتوان چگالی متوسط سیاره را محاسبه کرد .

ماهواره‌هایی که در مدار دایره‌ای بدور زمین قرار گرفته‌اند معمولاً " دوره گردش آنها در حدود یک ساعت ونیم ( ۵۴۰۰ ثانیه ) است . با قراردادن این مقدار در فرمول اخیر چگالی متوسط زمین را بدست می‌آوریم :

$$D = \frac{3 \cdot 3,14}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5400^2} \approx 5000 \frac{kg}{m^3}$$

ایستگاه فضائی اتوماتیک ( (لونا-۱۶) ) که در تاریخ ۱۷ اکتبر سال ۱۹۷۰ در مدار دایره‌ای بدور ماه قرار گرفت دارای دوره‌گردشی برابر یک ساعت و پنجاه و نه دقیقه (۷۱۴۰ ثانیه) بود و از اینجا چگالی متوسط ماه پیدا میشود :

$$D = \frac{3 \cdot 3,14}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 7140^2} \approx 3000 \frac{kg}{m^3}$$

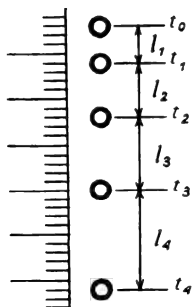
و اما در واقع ، چگالی زمین و ماه حدود ۱۰٪ بیشتر است . این اختلاف ناشی از آنست که معمولا " ارتفاع پرواز ماهواره‌ها نسبتا " زیاد است و در نتیجه اختلاف شعاع سیاره و شعاع مدار نیز بایستی در نظر گرفته شود . حال اگر در فرمول چگالی فوق‌الذکر مقادیر  $T$  مربوط به پروازهای روی مدار خیلی نزدیک به سطح کره زمین ( عملا " چنین پروازهایی بعلت مقاومت هوا غیر قابل تحقق است ) یا کره ماه را که بترتیب برابر است با یک ساعت و ۲۴ دقیقه و یک ساعت و ۴۸ دقیقه قرار دهیم در آن صورت مقادیر واقعی چگالی ( بترتیب ۵۵۰۰ و ۳۳۶۰ کیلوگرم در هر متر مکعب ) را بدست می‌آوریم .

در مورد مدار دارای ارتفاع زیاد فرمول چگالی بصورت زیر است :

$$D = \frac{3\pi}{GT^2} \left(1 + \frac{h}{R}\right)^3$$

که  $h$  ارتفاع مدار است . با کاربرد این فرمول میتوان مقادیر صحیح چگالی را در مورد ارتفاع زیاد مدار بدست آورد .

۱۰۹- خط کش را در وضع قائم روبروی پارچه مشکی قرار میدهم و با دسته اشعه منقطعی که لامپ از لابلای شکاف دیسک گردان دارای دور ثابت میفرستد روشن میکنیم . سپس دوربین عکاسی را بکار می‌اندازیم و گلوله را از دست رها میکنیم بطوریکه از جانب خط کش رد شود . درعکس بدست آمده ، خط کش و تعدادی لکه روشن دیده میشود که بازتاب گلوله در لحظاتی است که نور از شکاف به گلوله در حال سقوط میتابد . فواصل  $l_1, l_2, l_3$  و غیره را با سانی میتوان از روی تقسیمات خط کش حساب کرد ( شکل ۳۲ ) .



شکل ( ۳۲ )

اولین لکه روشن بازتاب گلوله در لحظه ایستکه زمان  $t_0$  از لحظه شروع حرکت گذشته است . طی این مدت گلوله توانسته است مسافت زیر راطی کند :

$$S_0 = \frac{gt_0^2}{2}$$

برای دفعه دوم ، گلوله در لحظه‌ای روی عکس می‌افتد که بعد از شروع حرکت زمان  $t_1$  گذشته که طی آن ، گلوله مسافت زیر را طی کرده است :

$$S_1 = \frac{gt_1^2}{2}$$

زمان  $t_2$  و مسافت  $S_2$  به حالت سوم مربوط است :

$$S_2 = \frac{gt_2^2}{2}$$

والی آخر . بنابراین روشن میشود که :

$$l_1 = S_1 - S_0 = \frac{gt_1^2}{2} - \frac{gt_0^2}{2} = \frac{g}{2}(t_1^2 - t_0^2),$$

$$l_2 = S_2 - S_1 = \frac{g}{2}(t_2^2 - t_1^2)$$

علاوه بر این

$$t_2 = t_1 + \tau = t_0 + 2\tau \quad \text{و} \quad t_1 = t_0 + \tau$$

که  $\tau$  فاصله زمانی است بین دوبازتاب متوالی نور از گلوله که بازمان یک دور الکتروموتور برابر میباشد .  
بعد از این میتوان نوشت :

$$l_1 = \frac{g}{2}[(t_0 + \tau)^2 - t_0^2] = \frac{g}{2}(2t_0\tau + \tau^2),$$

$$l_2 = \frac{g}{2}[(t_0 + 2\tau)^2 - (t_0 + \tau)^2] = \frac{g}{2}(2t_0\tau + 3\tau^2)$$

باکم کردن معادله اول از معادله دوم ، فرمول زیر را بدست میآوریم :

$$l_2 - l_1 = g\tau^2$$

و از اینجا این فرمول بدست میآید :

$$g = \frac{l_2 - l_1}{\tau^2}$$

مقادیر  $l_1$  و  $l_2$  را از روی خط کش و  $\tau$  را از روی دور معلوم الکتروموتور تعیین میکنیم .

۱۱۰- کافی است نیروی جاذبه  $P^*$  بین وزنه و سیاره (یعنی وزن وزنه در آن سیاره) را بوسیله نیروسنج تعیین کنیم . آنوقت شتاب ثقل  $g^*$  را بصورت نسبت زیر پیدا میکنیم :

$$g^* = \frac{P^*}{m}$$

که  $m$  جرم وزنه میباشد که طبق فرضیه مسئله معلوم است .

۱۱۱- با استفاده از ترازوی فنری باید  $P^*$  یعنی وزن وزنه را در آن سیاره اندازه گرفت . طبق قانون جاذبه عمومی ، نیروی  $P^*$  برحسب جرم وزنه ( $m$ ) و ثابت گرانشی  $G$  و جرم سیاره ( $M$ ) و شعاع سیاره ( $R$ ) بیان میشود :

$$P^* = G \frac{Mm}{R^2}$$

از اینجا جرم سیاره بدست میآید :

$$M = \frac{P^* R^2}{Gm}$$

که  $G$  مقدار یست ثابت و از کتاب راهنما پیدا میشود ،  $P^*$  از طریق تجربی بدست میآید ،  $m$  و  $R$  طبق فرضیه مسئله معلوم هستند .

۱۱۲- باید بانخ و وزنه آونگ ریاضی ساخته و دوره  $T$  آن را بکمک ثانیه شمار تعیین کرد . سپس از فرمول آونگ میتوان  $g^*$  یعنی شتاب نیروی ثقل روی سیاره را پیدا کرد :

$$g^* = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$$

چونکه طول  $l$  آونگ بنا بر فرض مسئله معلوم است .

از سوی دیگر شتاب نیروی ثقل را میتوان براساس قانون جاذبه عمومی بصورت زیر نوشت :

$$g^* = \frac{P^*}{m} = G \frac{M}{R^2}$$

$M$  جرم سیاره ،  $R$  شعاع آن و  $G$  ثابت گرانشی میباشد .

قسمتهای راست معادلات را مساوی هم قرارداده جرم سیاره را بدست میآوریم :

$$M = \frac{4\pi^2 R^2 l}{GT^2}$$

شعاع سیاره را با سانی میتوان بر حسب طول  $C$  خط استوای سیاره بیان نمود :

$$R = \frac{C}{2\pi}$$

سپس مقدار متوسط چگالی ماده سیاره را بدست میآوریم :

$$D = \frac{M}{V} = \frac{6\pi^2 l}{GT^2 C}$$

مقدار چگالی  $D$  را میتوان حساب کرد چونکه تمام مقادیر وارد به این عبارت معلوم هستند .

۱۱۳- طول تعلیق را از طریق مقایسه باقد فضانوردی که در نزدیکی همان شیئی بود میشد تخمین زد . این طول تقریباً "۱ متر از آب درآمد . دوره نوسان که بکمک ساعت تعیین شد برابر ۵ ثانیه بود . سپس با استفاده از فرمول آونگ :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

میتوان مقدار شتاب ثقل را بدست آورد که با نتایج روشهای دقیقتر بمراتب نزدیک است :

$$g^* = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{4.3, 14^2 l}{5^2} \approx 1,6 \text{ m/s}^2$$

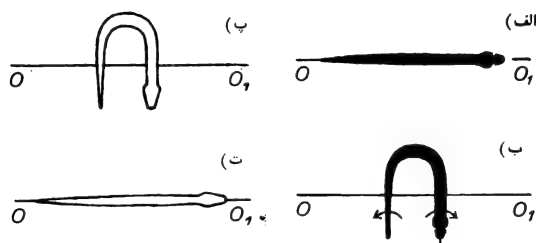
۱۱۴- فضانوردان باید یک سیم پیچ از سیم موجود درست کرده و دو سر سیم را به گالوانومتر وصل نمایند . اگر حوزه مغناطیسی سیاره بقدر کافی قوی باشد در این صورت سیم پیچ میچرخد و گالوانومتر ضربه های جریان برق القایی ناشی از تغییر فلو مغناطیسی در سطح سیم پیچ را منعکس میکند . اصولاً "نه فقط وجود حوزه مغناطیسی بلکه مقدار جهت بردار القای مغناطیسی را نیز از همین طریق میتوان تشخیص داد .

این اندیشه مبنای انواع مغناطیس سنج مورد استفاده عملی واقع گردیده است .

۱۱۵- درکنار اصل بقای مقدار جنبش که در حل مسایل شماره ۵۶ و ۱۰۶ مورد استفاده ما قرار گرفت در طبیعت اصل بقای ممان جنبش نیز وجود دارد. طبق این اصل فضاوردی که دیسکی یا شیئی دیگری بادیست بچرخاند باید خودش در جهت معکوس بچرخد (البته اگر اجسام دیگر مانع این حرکت وی نشوند). وقتیکه فضاورد تا زاویه مقتضی چرخید باید گردش را قطع کند.

پس اگر هیچ شیئی نداشته باشد چطور؟ در اینصورت طبق اصل بقای مقدار جنبش او قادر نخواهد بود مقدار یا جهت سرعت خود را مثلاً "نسبت به موشک تغییر دهد در صورتیکه اصل بقای ممان جنبش امکان تغییر جهتگیری را از وی سلب نمیکند. مثلاً" برای گردش در جهت عقربه ساعت (اگر او را از "بالا" مشاهده کنیم) فضاورد باید یک سری حرکات زیر را انجام دهد: دست راستش را بطرف راست دراز کند، آن را نزدیک سینه بگیرد و در طول جسمش پائین بیاورد سپس از نو بطرف راست دراز کند و غیره.

این مسئله شبیه مسئله معروف گریه در حال سقوط میباشد. از قرار معلوم گریه استعداد شگفت انگیزی دارد و آن اینست که حتی اگر در حالت وارونه شروع بسقوط کند همیشه بادیست و پا روی زمین فرود میآید. فیلم برداری تسریع شده نشان میدهد که گریه در لحظه سقوط بسرعت دمش را میچرخاند و در نتیجه، جسم او بطرف معکوس میچرخد. وقتی دست و پایش در وضع عادی یعنی در سمت پائین قرار گرفت او چرخش دمش را متوقف میسازد. یک مثال ساده زیر امکان چرخش موجودات زنده بدون کمک خارجی را بنحو بارزی نشان میدهد.



شکل (۳۳) (ب)



فرض کنیم ماری در فضا در امتداد 00 خوابیده و پشتش ببالاست (شکل ۳۳- الف). قوانین طبیعت و ساختمان جسمش مانع از آن نمیشود که وضعی مانند (شکل ۳۳- ب) بخود بگیرد. با چرخاندن قسمت جلو و عقب جسم خود در جهتی که با فلش‌ها مشخص شده مار میتواند شکمش را بطرف بالا متوجه کند (شکل ۳۳- پ) و سپس در امتداد 00 دراز بکشد (شکل ۳۳- ت). در واقع نیز، مار در نتیجه این حرکات متوالی بزویه ۱۸۰ درجه در حول محور طولی خود خواهد چرخید. (البته این مثال مصنوعی است چونکه معمولاً "مار روی زمین میخزد و برای وارونه شدن از نیروی اصطکاک استفاده میکند ولی اگر در هوا قرار گیرد میتواند بطریق فوق‌الذکر رفتار کند- مار موضوع "سرودشاهین" ماکسیم گورگی را بیاد بیاورید.)

۱۱۶- ساکنان زهره از چند طریق میتوانند به گردش و جهت‌گردش سیاره خود پی‌ببرند. مثلاً "میتوانستند رفتار آونگ را بررسی کنند. ژان برنارد لئون فوکو فیزیک‌دان فرانسوی در سال ۱۸۵۱ بمنظور اثبات گردش زمین از آونگ استفاده نمود. آونگ مورد نظر عبارت است از وزنه سنگین آویزان به سیم چندین ده‌متری (بلندترین آونگ جهان بطول ۹۸ متر در کلیسای اسحاق در لنینگراد نصب شده است. آونگ فوکو در پانتئون پاریس دارای طول ۶۷ متر بود). وزنه بوسیله قفل کاردان یا یاطاقان افقی آویزان میشود بطوریکه در هر سطح قائم میتواند نوسان کند. در اثر گردش زمین صفحه نوسان آونگ بکندی نسبت به علامات روی سطح زمین گردش میکند.

نیروی جاذبه زمین و کشش نخ در صفحه نوسان واقع بوده و نمیتواند باعث گردش صفحه شود. از دیدگاه یک ناظر خارج از کره زمین، چرخش صفحه نوسان با چرخش سطح زمین و علاماتی که وضع نسبی این صفحه را مشخص میسازد توجیه میگردد. در قطب زمین که وضع صفحه نوسان در آنجا نسبت به ستارگان ثابت میماند ناظر از روی سطح زمین می‌بیند که صفحه نوسان با سرعت زاویه‌ای برابر با سرعت زاویه‌ای کره زمین می‌چرخد منتها در جهت معکوس.

در نقاط بین قطبها صفحه نوسان آونگ که از خط شاقولی عبور میکند نمیتواند وضع ثابت را نسبت به ستارگان حفظ کند و تا اندازه‌ای که

به عرض جغرافیائی بستگی دارد در گردش زمین شرکت میکند و هرچه از قطب دورتر برویم از سرعت گردش آن نسبت به علامات روی زمین کاسته شده تا بالاخره در روی خط استوا این اثر بکلی از بین میرود .

چرخش صفحه نوسان آونگ فوکو از دیدگاه ناظر روی زمین نیز قابل توجیه است . بمنظور توجیه موضوع لازم است نیروی کوریولیس را که در حل مسئله شماره ۵۳ با آن روبرو شدیم وارد بحث کنیم .

طریقه دوم حل مسئله عبارت است از کاربرد ژيروسکوپ یعنی یکنوع فرفره سنگین با دور زیاد که روی قفل کاردان نصب شده است .

اگر مرکز ثقل ژيروسکوپ بر مرکز تعلیق منطبق باشد و نیروهای اصطکاک عملاً وجود نداشته باشد (چنین ژيروسکوپی آزاد یا متعادل نام دارد) محور آن وضع خود را نسبت به ستارگان "ثابت" تغییر نمیدهد . اگر مرکز ثقل ژيروسکوپ بر مرکز هندسی تعلیق منطبق نباشد در این صورت محور آن در فضا با گردش خود سطح مخروطی را ترسیم می کند (این حرکت را حرکت تقدیمی گویند) . در مورد ژيروسکوپ بجرم ۱ کیلوگرم با ۳۰۰۰۰ دور در دقیقه انحراف مرکز ثقل بمقدار ۱ میکرومتر باعث حرکت تقدیمی با سرعتی در حدود ۱ درجه در ساعت میگردد . چون سرعت دوران زمین خیلی بیشتر از این است (۱۵ درجه در ساعت) با چنین ژيروسکوپهائی بآسانی میتوان واقعیت گردش زمین را اثبات نمود . این امر برای اولین بار توسط همان فوکو در سال ۱۸۵۱ انجام گردید . بدیهی است که هر قدر گردش سیاره کندتر باشد همان قدر بالانس ژيروسکوپ باید دقیقتر و اصطکاک محورهای آن کمتر باشد .

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳.....	پیشگفتار
۷.....	مسائل
۷.....	— در محیط خانه
۱۱.....	— در موقع گردش
۱۴.....	— در کنار دریاچه
۱۵.....	— در موقع مسافرت
۱۷.....	— در آزمایشگاه دبیرستان
۲۱.....	— در کارخانه
۲۳.....	— در فضا
۲۶.....	— کمک ها و راهنمایی
۳۳.....	حل مسائل

## خوانندگان گرامی

بنگاه نشریات «میر» خواهشمند است نظریات خود را دربارهٔ این کتاب و ترجمه و چاپ آن و نیز سایر نظریات و پیشنهادهای خود را برای ما بفرستید. بنگاه نشریات «میر» کتابهای علمی و برخی کتابهای دیگر را به بسیاری از زبانهای جهان، از جمله به زبان فارسی، ترجمه و منتشر میکند. شما میتوانید اطلاعات لازم درباره این کتابها را از راهنماهای کتابی که همهساله از طرف بنگاه ما انتشار مییابد به دست آورید. خواهشمند است نظریات و پیشنهادهای خود را به نشانیهای زیر بفرستید:

«میر»، پروی ریژسکی ۲،

مسکو، اتحاد شوروی

«مژکنیگا»، گ - ۲۰۰

مسکو، اتحاد شوروی

ادارهٔ بازرگانی خارجی سراسر شوروی «مژدونارودنایا کنیگا».

مسایل هوش آزمائی

در

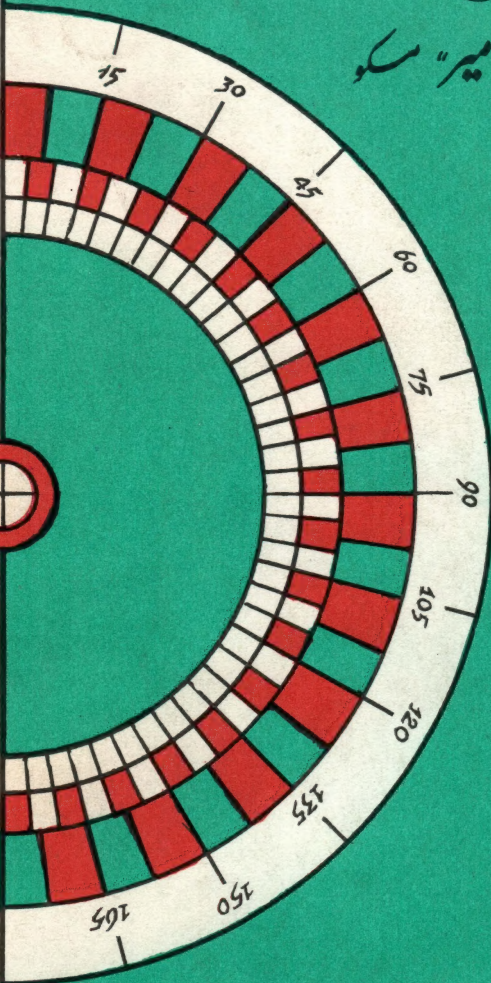
فیزیک تجربی

تالیف : و. لانگه

ترجمه : س. والری



بنگاه نشریات میر مسکو



1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 7 8 8 9 9 10 10 11 11 12 12 13 13 14 14 15 15 16 16 17 17 18 18